# ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් අත්පොත

## How to Design Electronics Circuits

එස්. වන්නි ආරච්චිගේ

eRddhi Publications



***I dedicate this book to my ever-loving nephews Thusitha, Kavindu, Hashitha, Praveen, and Chamod.***

පටුන

# පෙරවදන

විද්‍යාව හා තාක්ෂණය ඉතා සීඝ්‍රයෙන් දියුණු වෙමින් පවතින අතර, ඒ ගැන දිනපතා සිය දහස් ගණන් ඉංග්‍රිසි බසින් පොත පත පළ වෙනවා. එහෙත් සිංහල භාෂාවෙන් තාක්ෂණය හා විද්‍යාව පිළිබඳ ලියවෙන්නේ නැති තරම්. ගුණාත්මක හා ලාභදායි ප්‍රවේශයන් උසස් අධ්‍යාපන ක්ෂේත්‍රයට අවම බැවින්ද, දන්නා අය එම දැනුම සිංහල බසින් ලබා දීමට වැඩි උත්සහයක් ගෙන නොමැති බැවින්ද, (ඉංග්‍රිසි බස මැනවින් නොදත්) බොහෝ අයට දැනුම ලබා ගැනීම ප්‍රශ්නකාරී වී ඇත. එයට පිළියම එක්කෝ ඉංග්‍රිසි බස හැකියාවක් ලෙස ප්‍රගුණ කිරීම හෝ සිංහල බසින් දැනුම බෙදා දීම වේ.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන ඉතා ආධුනික මට්ටමේ සිට ක්‍රමයෙන් උසස් දැනුමක් කරා රැගෙන යන පරිදි සිංහලෙන් හැකි පමණ සරල බසින් මෙම පොතත් මේ හා බැඳුණු පොත් පෙළක්ම ඉදිරිපත් කරමි. එම පොත් මාලාවේ දෙවන පොත මෙයයි. ඒ සෑම පොතක්ම අන්තර්ජාලය ඔස්සේ නොමිලේ ඊ-පොත් වශයෙන් කියවීමටද සලස්වා ඇත.

සමහර සංකල්ප හා සිද්ධාන්ත මා සාම්ප්‍රදායික නොවන අයුරින් ඉදිරිපත් කර ඇත. ඉංග්‍රිසි වචන වලට මුල් තැනක් දී ඇත. සෑම වැදගත් වචනයකම ඉංග්‍රිසි වචනයද ඒ සමගම ලියා ඇත. ඕනෑම දෙයක් ඉගෙන ගැනීමේ එක් අනිවාර්ය අංගයක් නම්, එම ක්ෂේත්‍රයේ හමුවන වචනවලින් කියන්නේ කුමක්ද, ඇයි ඒ වචනය ඒ විදියට ලබා දී ඇත්තේ ආදී ලෙස දැනුවත් වී, එම වචන කටපාඩම් කර ගැනීමයි. වචන යනු හුදෙක්ම "වචන" නොවේ; වචන යනු සංකල්පයි. ඔබට වචන තේරුම් සහිතව මතක නම්, සංකල්පද ඉබේම මතක සිටිනු ඇත.

පොතක් නිසි ලෙස තේරුම් ගැනීමට නම් එය කිහිප සැරයක්ම කියවිය යුතුයි. කතුවරයාගේ ලේඛන ශෛලයට හුරු වීමද තවත් පහසුවක් ඇති කරයි. තාක්ෂණික හා විද්‍යාත්මක කරුණු තේරුම් ගැනීමට ඒ හා බැඳුණු ගණිත හා විද්‍යා දැනුමක් අවශ්‍ය කෙරෙන බව මතක තබා ගන්න. ඕනෑම දෙයක් ඉගෙන ගැනීමේදී දෙතුන් දෙනෙකුගේ කණ්ඩායමක් ලෙස එය කළ හැකි නම්, තවත් රසවත් හා කාර්යක්ෂම විදියට ඉගෙන ගැනීමටද පුළුවන්.

මෙම පොතෙහි ඉතාම සරල කරුණුත් තරමක ගැඹුරු කරුණුත් අඩංගු වෙනවා. අනිවාර්යෙන්ම පොත් පෙළෙහි පළමු පොතෙහි තිබූ කරුණු මතක තිබිය යුතුය. පසු පාඩම් ඉගෙනීමේදී පෙර පාඩම්වල තිබූ කරුණු මෙන්ම තාක්ෂණික වචනද මතක තිබිය යුතුය. කියවගෙන යන අතරේ යම් යම් තැන්වල තිබෙන සමහර කාරණා අමාරු යැයි දැනුනත් ඉදිරියට කියවගෙන යන්න.

මා සිංහල බසින් ලියනු ලැබූ සෑම පොතක්ම ආර්ථික ලාභයක් ලබා ගැනීමේ අරමුණින් කර නොමැති අතර, පහසුව නිසා එම පොත්වලට අවශ්‍ය බොහෝ රූප අන්තර්ජාලය ඔස්සේ ලබා ගෙන ඇති අතර, ඒවායේ මුල් නිර්මාණකරුවන්ට මාගේ ස්තූතිය හිමි වෙනවා. (I am very much grateful to the original legal artists/owners of the illustrations and pictures that I have downloaded from the Internet, and included in my books.)

මෙම පොතත්, මාගේ අනෙක් පොත්ද කියවා ඉන් ප්‍රයෝජනවත් දෙයක් කිරීමට ඔබට හැකි වේවා යැයි මා ප්‍රාර්ථනා කරනවා.

එස්. වන්නි ආරච්චිගේ

erddhipub@gmail.com

නොවැම්බර් 11, 2015

# හැඳින්වීම

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගැන ලියැවෙන පොත් පෙළේ දෙවැන්න මෙය වන අතර, මෙය අධ්‍යනය කිරීමට පළමු පොතේ තිබෙන කරුණු හොඳින් ඉගෙන ගෙන තිබීම ඉතා වැදගත්ය. පළමු පොත මූලිකවම ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ක්ෂේත්‍රය පිළිබඳව හා ප්‍රාථමික කාරණා කිහිපයක් පිළිබඳවත් ලියැවී තිබෙන අතර, එය ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පදනම් පාඩම් මාලාවක් ලෙසත් සකස් කර ඇත. එම ප්‍රාථමික න්‍යාය හා කරුණු මත මෙම පොත සම්පාදනය කර ඇත.

ඔබ දන්නවා විදුලිය යනු "යම් යම් දේවල් සිදු කරගත හැකි බලවේගයක්" හෙවත් "ශක්තියක්" බව. සමහරවිට, මිනිසා මෙතෙක් සොයාගත් වැදගත්ම බලවත්ම හා බුද්ධිමත්ම (smart) ශක්ති ප්‍රභේදය විද්‍යුතය විය යුතුය. විදුලි ශක්තියම ඍජුවම ප්‍රයෝජනයට ගත හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, විදුලිය කෙලින්ම තාපය බවට පත් කරගත හැකියි (හීටරය); ඍජුවම ආලෝකය බවට පත් කරගත හැකියි (බල්බය); ඍජුවම යාන්ත්‍රික ශක්තියක් බවට පත් කළ හැකියි (මෝටරය). මේ සෑම තැනකම විදුලියේ ජවය (power) හෙවත් "වොට් ගණන" තමයි වැදගත් කොට සැලකෙන්නේ. මෙලෙස විදුලිය ඍජුවම වෙනත් ප්‍රයෝජනවත් දේවලට හරවාගෙන ක්‍රියාකරන විට, electrical යන නාමයෙන් හැඳින් වේ.

මීට අමතරව විදුලියම වක්‍රවද ප්‍රයෝජනවත් වැඩවලට යොදාගත හැකියි. විශේෂයෙන් යම් යම් "බුද්ධිමත්" තොරතුරු/සංඥා යැවීමට/ගබඩා කිරීමට/මෙහෙය වීමට එය යොදාගත හැකියි. මෙහිදී විදුලියේ ජවයට වඩා වැදගත් වන්නේ වෝල්ටියතාවයි (හෝ ධාරාවයි). එම වෝල්ටියතාවේ හැඩය වෙනස් කරමින් එහි විවිධ පණිවුඩ/සංඥා නිරූපණය කළ හැකියි. මෙවිට එය නිකංම විදුලිය ලෙස නොව විදුලි සංඥාවක් (electrical signal) ලෙසයි හැඳින්වෙන්නේ. මෙවැනි විදුලි සංඥා සමග වැඩකරන විට, ඊට electronics යන නාමය යෙදෙනවා.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී හැමවිටම විවිධාකාරයේ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපාංග යොදා ගැනීමට සිදුවෙනවා. රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර්, ඉන්ඩක්ටර්, ඩයෝඩ්, ට්‍රාන්සිස්ටර්, අයිසී ආදී නම්වලින් හැඳින්වෙන්නේ එවැනි උපාංගයි. මේ එක් එක් උපාංගයක ප්‍රධාන රාජකාරියක් තිබෙනවා. එම රාජකාරිය තීරණය වෙන්නේ එම උපාංගයේ මූලික ක්‍රියාකාරිත්වය අනුවයි. එනිසා, ඔබ මේ එක් එක් උපාංගයක මූලික ක්‍රියාකාරිත්වය හා ඒ හා බැඳුණු ප්‍රධාන රාජකාරිය ඉගෙන ගත යුතුයි. බොහෝවිට ඒ සෑම උපාංගයකම ප්‍රධාන රාජකාරිය කුඩා තනි වාක්‍යයකින් කිව හැකි තරමටම සරලය. කිසිසේත් අමාරු නැත. උදාහරණයක් ලෙස කැපැසිටර් එකක ප්‍රධාන රාජකාරිය "ඩීසී විදුලිය බ්ලොක් කර, ඒසී විදුලිය පමණක් ගමන් කිරීමට සැලැස්වීම" ලෙස මතක තබා ගත හැකියි. ඊට අමතරව, බොහෝ උපාංගවලට අමතරව සිදු කළ හැකි රාජකාරිද තිබෙනවා. ඉහත කැපැසිටර් එකම නැවත උදාහරණයට ගතහොත්, කැපැසිටර් එකක් "සංඛ්‍යාතය මත වෙනස්වන රෙසිස්ටර් එකක් ලෙස ක්‍රියා කිරීම", "සංඛ්‍යාත පෙරනයක් ලෙස ක්‍රියාකිරීම" ආදී රාජකාරිද සිදු කරනවා. එහෙත් මෙම හැකියාවන්ද ඊට ලැබී ඇත්තේ එහි මූලික ක්‍රියාකාරිත්වය හේතු කොට ගෙනය.

එක් එක් උපාංගයක ප්‍රධාන හා අවශේෂ රාජකාරීන් ඉගෙන ගැනීම වගේම, මේ එක් එක් උපාංග කිහිපයක් එකට එකතු කිරීම මඟින් තවත් වැඩිදියුණු/උසස් ක්‍රියාකාරිත්වයන්ද නිර්මාණය කරගත හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස කැපැසිටර් එකක් හා රෙසිස්ටර් එකක් එකිනෙකට යම් යම් ආකාරවලින් කනෙක්ට් කර, විවිධාකාරයේ ෆිල්ටර් සෑදිය හැකියි. මේවා මැජික් නොවේ. එක් එක් උපාංගයේ ක්‍රියාකාරිත්වයන් එකිනෙකට මිශ්‍ර කිරීමෙන් තමයි එම උසස් හැකියාවන් ලැබෙන්නේ. එය හරියට රසවත් සංගීත සංධ්වනියක් වාගේ. ඒ කියන්නේ වයලීනය, බටනලාව, පියානෝව ආදී තනි තනි සංගීත භාණ්ඩ ගණනාවකින් වෙන වෙනම පිටවන නාදවල හොඳ සංකලනයකින් ඉතා උසස් හා රසවත් සංගීත නිර්මාණයක් බිහිවෙනවා නේද? මෙලෙස තව තවත් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපාංග එකතු කර තමයි ඔබ දකින සෑම ලොකු කුඩා සර්කිට් එකක්ම කවුරුන් හෝ විසින් නිර්මාණය කර තිබෙන්නේ.

බොහෝ උපාංග අද ප්‍රධාන ආකාර දෙකකින් ලබා ගත හැකියි - SMD හා හෝල්-තෲ (සාමාන්‍ය දිග පින් සහිත උපාංග) ලෙසින්. මා පසුවට SMD ගැන වෙනමම පැහැදිලි කිරීම් කරන නිසා, මෙම පාඩම්වල සලකා බලන්නේ හෝල්-තෲ හෙවත් leaded (ලීඩඩ්) උපාංග ගැන වේ. (lead යනු උපාංගවල පින්

එකට කියන තවත් නමකි. මෙය ලීඩ් යනුවෙන් ශබ්ද කෙරේ. මෙයම ලෙඩ් යනුවෙනුත් ශබ්ද කළ හැකි අතර, එවිට එහි තේරුම ''පින් එක'' නොව, ''ඊයම්'' වේ.)

# ප්‍රතිරෝධය හා රෙසිස්ටර්

ඔබ දන්නවා විදුලිය යනු ආරෝපන (charge) නිසා හටගන්නා දෙයක් බව. ආරෝපන එක තැන (ගමන් නොකර) තිබෙන විට ඊට ස්ථිතික විදුලිය (static electricity) ලෙස පැවසෙන අතර, සර්කිට් නිර්මාණයේදී ස්ටැටික් විදුලිය අපට ප්‍රයෝජනවත් නැත. තවද, එම ආරෝපන ගමන් කරන විට, එය ධාරා විදුලිය හෙවත් විදුලි ධාරාව (electric current) ලෙස හැඳින්වෙන අතර, අපට මෙන්න මෙම විදුලියයි හැමවිටම වාගේ වැදගත් වන්නේ. බොහෝ අය "කරන්ට් එක" කියා කියන්නේද මෙයමයි. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් සඳහා ආරෝපනයට ප්‍රධාන හේතුව ඉලෙක්ට්‍රෝන වේ (එහෙත් නවීන විද්‍යාව අනුව ආරෝපනයට වෙනස් අර්ථ කථනයක් ඇති මුත් එය අපට වැදගත් නැත). ඉලෙක්ට්‍රෝනයක සෘණ 1 ක ආරෝපනයක් ඇත. යම් උදාසීන පරමාණුවකින් ඉලෙක්ටෝන ඉවත්වන විට සෑදෙන සෘණ අයන මෙන්ම, යම් උදාසීන පරමාණුවක් පිටතින් ඉලෙක්ට්‍රෝන ලබා ගත්විට සෑදෙන ධණ අයනද, අර්ධ සන්නායකවලදී හමුවන "සිදුරු" (hole) පවා ආරෝපන ලෙස සැලකීමට සිදු වේ. එහෙත් අප බොහෝවිට පහසුව පිණිස ආරෝපන යනු ඉලෙක්ට්‍රෝන යැයි කීමට පුරුදුව සිටිනවා (මේ ගැන පළමු පොතේ විස්තරාත්මකව ඇත).

ආරෝපන (ඉලෙක්ට්‍රෝන, ධන/සෘණ අයන, සිදුරු) යම් මාධ්‍යක් ඔස්සේ ගමන කරනවිට හෙවත් විදුලියක් ගමන් කරන විට, එම ගමනට හැමවිටම යම් බාධාවක් එය ගමන් කරන මාධ්‍ය විසින් ඇති කරනවා. මෙම මාධ්‍යය තඹ වැනි ලෝහයක් විය හැකියි; ලුණු වතුර වැනි දියරයක් විය හැකියි; වාතයද විය හැකියි. ඔබ සමහරවිට අසාවි වාතය තුළින් ආරෝපණයකට ගමන් කළ හැකිද කියා. ඔව් - යම් නිශ්චිත කොන්දේසි සැපිරෙනවා නම් ගමන් කළ හැකියි. (අකුණෙදී සිදු වන්නේ එය නේද?) සමහරවිට ආරෝපණකයට ගමන් කිරීමට කිසිදු මාධ්‍යක් අවශ්‍යද නොවේ. එනම්, රික්තකයක් (vacuum) තුළින්ද විදුලිය ගමන් කළ හැකියි (පැරණි (LCD නොවන) ටීවීවල ඉලෙක්ට්‍රෝන ගන් එකකින් ටීවී එකේ තිරය මතට ඉලෙක්ට්‍රෝන ධාරාවක් ක්ෂණකින් එල්ල කරන්නේ රික්තක නලයක් තුළයි). එවිට, මෙවැනි රික්තයක් තුළින් විදුලිය ගමන් කරන විට මාධ්‍යක් නොමැති නිසා විදුලි ධාරාවට බාධාවක් තිබිය නොහැකියි නේද? (මෙය විශේෂ අවස්ථාවක් වන අතර ඉලෙක්ට්‍රෝනික්ස්වල මෙයද එතරම් වැදගත් නොවේ).

විදුලි ධාරාවකට ඉහත සඳහන් කළ පරිදි මාධ්‍ය විසින් ඇති කරන බාධාව තමයි ප්‍රතිරෝධය (resistance) ලෙස හැඳින් වෙන්නේ. එක් එක් මාධ්‍යවල/ද්‍රව්‍යවල ඇත්තේ විවිධ ප්‍රතිරෝධයන්ය. ප්‍රතිරෝධය සාපේක්ෂව අඩු ද්‍රව්‍ය විදුලි සන්නායක (conductor) ලෙසත්, එය උපරිම ද්‍රව්‍ය (කොතරම් උපරිමද කිවහොත් විදුලිය ගමන් කිරීමට පවා බැරි වේ) විදුලි පරිවාරක (insulator) ලෙසත් හැඳින් වෙනවා. අතීතයේ සිට මේ මෑතක් වන තුරුත් විදුලිය ගමන් කරන සෑම මාධ්‍යකම ප්‍රතිරෝධයක් පැවතියා. එහෙත් දැන් සුපිරිසන්නායක (superconductor) ලෙස හැඳින්වෙන ප්‍රතිරෝධය ශුන්‍ය "සුපිරි" සන්නායක ද්‍රව්‍යද සොයාගෙන තිබෙනවා. එහෙත් මේ වන තුරුත් ඒවා ක්‍රියාත්මක වීමට ඉතා අඩු උෂ්ණත්වයක (සෙල්සියස් සෘණ සියයට අඩු) තැබිය යුතු වෙනවා. විද්‍යාවේ දියුණුවත් සමගම ක්‍රමක්‍රමයෙන් ඉහළ උෂ්ණත්වවල ක්‍රියාත්මක වන සුපිරිසන්නායක බිහිවෙමින් පවතිනවා. කාමර උෂ්ණත්වය හා ඊටත් ඉහළ උෂ්ණත්වවල ක්‍රියාත්මකවන සුපිරිසන්නායක බිහිවූදාට ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් තියරි උඩුයටිකුරු වේවි. එහෙත් ඊට තව බොහෝ කාලයක් යෑමට බොහෝ සෙයින් ඉඩ තිබෙන බැවින්, සාමාන්‍ය දැනට තිබෙන ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් තියරි ඔබට ඉගෙනගැනීමට සිදු වේ. ඒ අනුව, නීතියක් සේ මතක තබා ගන්න විදුලිය ගමන් කරන සෑම ද්‍රව්‍යකම යම් ප්‍රතිරෝධයක් තිබෙන බව.

ප්‍රතිරෝධය මනින්නේ ඕම් (ohm) නම් ඒකකයෙන්. සාමාන්‍යයෙන් සෑම ද්‍රව්‍යකම යම් ප්‍රතිරෝධයක් තිබුණත්, ඉතාම අඩු ප්‍රතිරෝධයන් තිබෙන ද්‍රව්‍ය පහසුව තකාත්, ප්‍රායෝගිකබව තකාත් ප්‍රතිරෝධයක් නැති ද්‍රව්‍ය ලෙස සලකනවා. ඒ අනුව පරිපථ සෑදීමේදී යොදාගන්නේ සාමාන්‍ය රිදී, තඹ, රත්තරං, ඇලුමිනියම්, යකඩ ආදී කම්බිවල ප්‍රතිරෝධය ශුන්‍ය ලෙසයි සලකන්නේ. PCB වල "තඹ කොටස්ද" (prints) ප්‍රතිරෝධයක් නැති ඒවා සේ සැලකේ. ඒ විතරක් නොවේ, විවිධ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපාංගවල ඇති පින් සාදා තිබෙන්නේ ලෝහවලින් නිසා එම පින්වල ප්‍රතිරෝධයද බිංදුව ලෙස සලකනවා. එලෙස සැලකුවත් ඔබ මනසේ පැත්තක තබා ගන්න විදුලිය ගමන් කරන ලොකු කුඩා සෑම මාර්ගයකම

ප්‍රතිරෝධයක් තිබෙන බව (උසස් පරිපථ තියරි තේරුම් ගැනීමට එම වැටහීම තිබීම අවශ්‍ය වේ).

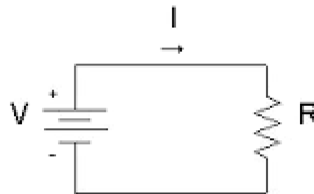
පරිපථ නිර්මාණයේදී අත්‍යවශ්‍යම උපාංගය නම් ප්‍රතිරෝධක (resistor) වේ. ඉහත කතා කළ ප්‍රතරෝධය නම් ගුණය ප්‍රකට කරන උපාංගයකි මෙය. පරිපථ එකලස් කිරීමේ හා තේරුම් ගැනීමේ පහසුව පිණිස සෑම උපාංග වර්ගයක්ම කෙටි අකුරුවලින් සංඛේතවත් කෙරෙන අතර, රෙසිස්ටර් එක එලෙස සංඛේතවත් කෙරෙන්නේ R (හෝ r) වලින්ය. විවිධ ඕම් අගයන්ගෙන් යුත් රෙසිස්ටර් නිපැද වේ. විවිධාකාර ද්‍රව්‍යවලින් මෙන්ම විවිධ ක්‍රමවලින්ද ඒවා නිපදවේ. රෙසිස්ටර් එකක සංඛේතාත්මක රූප (schematic symbol) පහත දැක්වේ. ඉනුත් වම් අත පැත්තේ තිබෙන රූපය තමයි නිවැරදි සම්මතය වන්නේ.



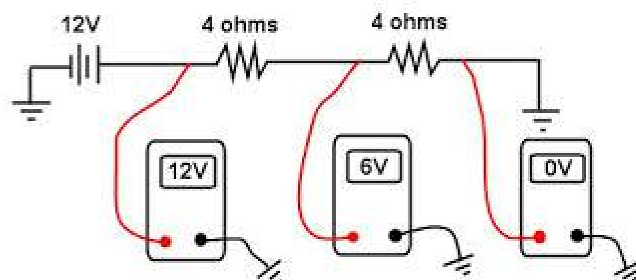
පරිපථයකට රෙසිස්ටර් එකකින් ඇති ප්‍රයෝජනය කුමක්ද? මීට පිළිතුරු දීමට නම්, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල ඇති වටිනාම හා සරලම සූත්‍රය වන ඕම් නියමය ගැන ඉගෙනීමට සිදු වේ. ඕම් නියමය යනු විදුලියේ ඇති ගතිගුණ දෙකක් වන ධාරාව (current) හා විභවය (electric potential) (හෙවත් වෝල්ටියතාව (voltage) ), එම විදුලිය ගමන් කරන මාධ්‍යයේ ඇති ප්‍රතිරෝධය සමඟ පවත්වාගන්නා අවියෝජනීය (හෙවත් එකිනෙකට වෙන් කළ නොහැකි) සම්බන්ධතාව පෙන්නුම් කරන්නකි. එය සූත්‍රයක් ලෙස පහත ආකාරයට දැක්වේ.

**V = I R**

එනම්, **වෝල්ටියතාව = ධාරාව x ප්‍රතිරෝධය**




බොහෝ දෙනා මෙම සූත්‍රය කටපාඩමින් දැන සිටියත්, මෙය දැන සිටිය යුතු අයුරින්ම තේරුම්ගෙන ඇත්දැයි සැක සිතේ. දැන් අපි එය හරියටම තේරුම් ගමු. මෙම සූත්‍රය වලංගු වන්නේ යම් "මාධ්‍යක" **යම් නිශ්චිත දිගක්** සඳහාය. බොහෝවිට මාධ්‍යය වන්නේ විදුලිය ගමන් කරන සන්නායකයකි; තඹ කම්බියක්. එම සන්නායකයේ යම් දිගක් සටහන් කර ගන්න. අවශ්‍ය නම්, එම සන්නායකයේ සම්පූර්ණ දිග වුවද ඔබට සැලකිය හැකියි. විදුලිය යම් උපාංගයක් හෝ වයරයක් තුලින් ගමන් කරන විට, එම උපාංගයට/වයරයට විදුලිය ඇතුලුවන තැන (පින් එක) සිට පිටවන තැන (පින් එක) දක්වා වූ කොටස සැලකිය යුතුය. මා පෙන්වීමට උත්සහ කළේ ඉහත ඕම් නියමය නිවැරදිවම යෙදීමට නම්, විදුලිය ගමන් කරන මාර්ගයේ (විදුලිය නිකංම වයර් එක දිගේ ගියාද, නැතහොත් යම් උපාංගයක් තුලින් ගියාද යන්න වැදගත් නැහැ) යම් ස්ථාන දෙකක් සැලකීමට සිදුවන බවයි.



දැන් එම ස්ථාන දෙක දෙපස තිබෙන වෝල්ටියතාව තමයි ඉහත සූත්‍රයට ආදේශ කරන්නේ. තවද, එම ස්ථාන දෙක හරහාම යන ධාරා ප්‍රමාණය තමයි ඉහත සූත්‍රයේ ධාරාව යන්නට ආදේශ කරන්නේ.

තවද, එම ස්ථාන දෙක අතර තිබෙන ප්‍රතිරෝධය ඉහත සූත්‍රයට ආදේශ කළ යුතුයි. මෙන්න මෙම ආකාරයට ලබාගත් අගයන් තමයි සූත්‍රයට ආදේශ කරන්නේ. බොහෝ අවස්ථාවල මෙම කාරණා ගැන සියුම්ව නොසලකා වුවද ඉහත සූත්‍රය භාවිතා කරන විට, වැරදි සිදු නොවන්නේ මෙම සූත්‍රය එතරම් සරල නිසාය. එහෙත් සමහර අවස්ථාවල පරිපථයක සංකීර්ණ තැන්වලට මෙය යොදන විට මෙම සියුම් කරුණු ගැන සැලකිලිමත් වීම වැදගත් වේ.

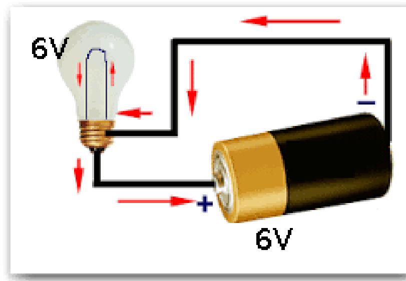
මේ සූත්‍රය සම්බන්ධයෙන් වැදගත් අනෙක් කාරණාව මෙයයි. සාමාන්‍යයෙන් විදුලිය ගමන් කරන මාධ්‍යයේ ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රතිරෝධය නියතව පවතී. එහෙත් එම ද්‍රව්‍යය පවතින උෂ්ණත්වය අනුව මෙය අනිවාර්යයෙන්ම වෙනස් වේ. උදාහරණයක් ලෙස උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් 28 දී ඕම්ස් 100 ක් ලෙස දැක්වෙන එකම එය සෙල්සියස් 68 දක්වා ඉහළ ගිය විට, ඕම්ස් 200 ක් විය හැකියි. ඔබ දන්නවා පරිපථ ක්‍රියාත්මක වන විට, ඒවා ක්‍රමයෙන් රත්වන බව. ඒ කියන්නේ ඔබ ඩිසයින් කරපු මොහොතේ ගණනය කරපු ප්‍රතිරෝධ නොවේ එය රත් වූ පසු තිබෙන්නේ. ප්‍රතිරෝධය වෙනස් වෙනවාත් සමගම ඒ හරහා යන ධාරාවද වෙනස් වන බව ඉහත ඕම් නියමය ඇසුරින්ම පෙනෙනවා නේද? සාමාන්‍යයෙන් පරිපථයක් සෙල්සියස් 70 පමණ හෝ ඊටත් වඩා රත් විය හැකියි. මෙම උෂ්ණත්ව වැඩිවීම පරිපථයට බලපාන බව පෙන්වීමට ඉහත ඕම් නියමයම යොදාගත හැකියි. එය දැනගත් පසු, උෂ්ණත්ව වැඩිවීම පරිපථයකට බාධාවක් නොවන අයුරින් හීට් සින්ක් යෙදීම, ෆෑන් සවි කිරීම ආදී විවිධ උපක්‍රම යෙදීමට සිදු වෙනවා.

**සාමාන්‍යයෙන්** පරිවාරක ද්‍රව්‍ය හා අර්ධසන්නායක ද්‍රව්‍ය රත්වීමේදී ප්‍රතිරෝධකතාව අඩු වන (එනම් සන්නායකතාව වැඩි වේ) අතර, සන්නායකයක්/ප්‍රතිරෝධකයක් රත්වීමේදී ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ ක්‍රියාව සිදු වේ. එනම්, සන්නායකයක් රත්වීමේදී ප්‍රතිරෝධකතාව වැඩි වේ (පළමු පොතේ මේ ගැන විස්තරාත්මකව සඳහන්ව ඇත). එහෙත්, සුවිශේෂී සන්නායක/ප්‍රතිරෝධක නිපදවා තිබෙනවා උෂ්ණත්වය වැඩිවන විට ප්‍රතිරෝධය අඩුවන. තවද, උෂ්ණත්වය වෙනස් වුවත් ප්‍රතිරෝධය එතරම් වෙනස් නොවන ආකාරයේ සන්නායක/ප්‍රතිරෝධකත් තිබෙනවා. උෂ්ණත්වය වෙනස්වන එහෙත් එම වෙනස් වීම මත ප්‍රතිරෝධය වෙනස් වීමට ඉඩ දිය නොහැකි අවස්ථාවන් සඳහා මෙවැනි ද්‍රව්‍යවලින් සෑදූ ප්‍රතිරෝධක අවශ්‍ය නම් යොදා ගත හැකියි.

ඉහත සරල ඕම් නියමය අනුව, ප්‍රතිරෝධය වෙනස් කිරීමෙන් කුමක් සිදු වේද? මීට පිළිතුරු දෙකක් ඇත. එකක් නම්, වෝල්ටියතාව නියතව තබාගෙන ප්‍රතිරෝධය වෙනස් කළ විට, $I = V/R$ ලෙස ඕම් සූත්‍රය සැකසීමෙන් ධාරාවද ප්‍රතිලෝමව සමානුපාතිකව වෙනස් වන බව පෙනේ (ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධය වැඩි කළ විට, ධාරාව අඩු වන හා ප්‍රතිරෝධය අඩු කළ විට, ධාරාව වැඩිවන බව). එලෙසම ධාරාව නියතව තබාගෙන, ප්‍රතිරෝධය විචලනය කළ විට, ඕම් සූත්‍රයේ $V=IR$ යන ස්වරූපය අනුව, වෝල්ටියතාව අනුලෝමව සමානුපාතිකව වෙනස් වේ (ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධය වැඩිවන විට වෝල්ටියතාව වැඩිවන හා ප්‍රතිරෝධය අඩුවන විට වෝල්ටියතාව අඩුවන බව). ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධයේ අගය අනුව වෝල්ටියතාවේ හෝ ධාරාවේ අගය වෙනස් කළ හැකියි. ඕම් නියමයෙන් පෙන්වන්නේ රෙසිස්ටර් එකක මූලික ක්‍රියාකාරිත්වයයි. ඒ අනුව, රෙසිස්ටර් එකක ප්‍රධාන රාජකාරිය වන්නේ ...

**“වෝල්ටියතාව හා ධාරාව අපට කැමැති අගයන්ට සකස් කර ගැනීමයි.”**

ඔබ සතුව වෝල්ට් 6 ක බැටරියක් ඇතැයිද ඒ මඟින් වෝල්ට් 6 ක බල්බයක් දැල්වීමට අවශ්‍ය යැයි සිතන්න. කිසි ප්‍රශ්නයක් නැතිව ඔබට බල්බය කෙලින්ම බැටරියට සම්බන්ධ කළ හැකියි මොකද බල්බයට (උපාංගයට) අවශ්‍ය කරන වෝල්ට් ගණනට සමාන වෝල්ට් ගණනක් බැටරියෙන් ලබා දෙන නිසා. (පහත සරල පරිපථය බලන්න.)




මෙහිදී ඔබ ධාරාව ගැන සැලකිලිමත් විය යුතු නැද්ද? ඇත්තටම හැමවිටම වෝල්ටියතාව හා ධාරාව යන දෙකම ගැන සැලකිලිමත් විය යුතුමයි. පරිපථ නිර්මාණයේදී සරල රීති දෙකක් තිබෙනවා ඔබ හැමවිටම අනුගමනය කළ යුතු.

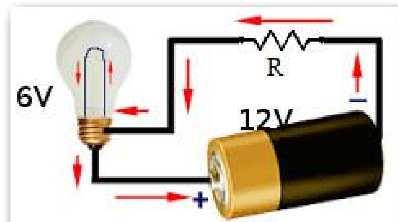
1. අදාල උපාංගයට දිය යුතු වෝල්ටියතාව අනිවාර්යෙන්ම අඩු හෝ වැඩි නැතිව හරි ගාණටම ලබා දිය යුතුය. ඉහත උදාහරණයේ සිදු කර තිබෙන්නේ එයයි. බල්බයට අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාව හරියටම බැටරියෙන් ලැබේ.

සමහර උපාංග තිබෙනවා නිශ්චිත එක් වෝල්ටියතාවක් නොව, වෝල්ටියතා පරාසයක් තුලම වැඩ කළ හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, ඇත්තටම ඉහත බල්බය වෝල්ට් 4 සිට 6 දක්වා වූ පරාසයක් තුළම වැඩ කරනවා. එවැනි අවස්ථාවල ඔබ එම පරාසය තුලින් එක් අගයක් තෝරාගත යුතුයි. සාමාන්‍යයෙන් පරාසයේ මධ්‍යම අගය (ඒ කියන්නේ එම පරාසයේ අවම අගය හා උපරිම අගය එකට එකතු කොට දෙකෙන් බෙදීමෙන් ලැබෙන අගය) තෝරාගත හැකියි. එහෙත් හැමවිටම මධ්‍යම අගය සුදුසු නොවිය හැකියි. සමහරවිට අවම අගය සුදුසු විය හැකියි. තවත් උපාංග සඳහා උපරිම අගය ගැනීම සුදුසු විය හැකියි (ඉහත උදාහරණයේ මා ගෙන ඇත්තේ උපරිම අගයයි). ඒ ඒ උපාංගයේ ස්වභාවය අනුව එය තීරණය වේ. ඒ ඒ උපාංග ඉගෙන ගත් පසුව ඔබට එම තීරණය ගත හැකියි.

2. ඉහත කියූ ලෙස නියමිත වෝල්ටියතාව නිගමනය පසු, අදාල උපාංගයට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණයට සමාන හෝ වැඩි ධාරා ප්‍රමාණයක් එම උපාංගයට විදුලිය සපයන විදුලි ප්‍රභවය හෝ උපක්‍රමය විසින් **සැපයීමට හැකි විය** යුතුය. සාමාන්‍යයෙන් යම් උපාංගයකට අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාව සෙට් කළ පසු, එම උපාංගය විසින් හැමවිටම තමන්ට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය පමණක් ලබා ගැනීමට වගබලා ගන්නවා. උදාහරණයක් ලෙස සිතන්න ඔබේ නිවසේ සාමාන්‍යයෙන් තිබෙන වොට් 60 ක බල්බයක් ගැන. එය හෝල්ඩර් එකට සවි කර ස්විචය ඔන් කළ විට, එය ලබා ගන්නේ ඊට අවශ්‍ය කරන ධාරාව පමණයි. ඔබේ නිවසේ විදුලි සැපයුම ඇම්පියර් 30 ක් හෝ 40 ක් පමණ ඇම්පියර් ප්‍රමාණයක් සැපයුවත්, බල්බය ලබා ගන්නේ ඊට අවශ්‍ය ඉතා කුඩා ඇම්පියර් ප්‍රමාණය පමණයි නේද?

එහෙත් කිසිවිටක එම උපාංගයට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය සැපයිය නොහැකි විදුලි ප්‍රභවයක්/උපක්‍රමයක් යෙදිය නොහැකියි. ඉහත උදාහරණයේ ඇති බැටරියෙන් අනිවාර්යෙන්ම සාමාන්‍ය කුඩා බල්බයක් දැල්වීමට අවශ්‍ය කරන ධාරා ප්‍රමාණය ඉතා පහසුවෙන්ම ලබා දිය හැකියි. එනිසයි ධාරා ප්‍රමාණය අප එම උදාහරණයේ එතරම් සලකා බැලුවේ නැත්තේ. තවද, බොහෝ උපාංගවලට නිශ්චිත තනි ධාරා ප්‍රමාණයක් නොව, ධාරා පරාසයක් තුළ වැඩ කළ හැකියි. ඉහත වෝල්ටියතා පරාස ගැන සඳහන් කළ විස්තරය ඒ ලෙසින්ම ධාරා පරාසයන්ටද වලංගු වේ.

හරි, දැන් අප ඉහත උදාහරණයම තරමක් වෙනස් කර බලමු. එහි බැටරියේ වෝල්ට් ගණන දැන් 12 ලෙස සිතමු. පැහැදිලිවම ඉහත රීති දෙක අනුව බැටරියට කෙලින්ම බල්බය සවි කළ නොහැකියි. එසේ කළොත් බල්බය පිලිස්සී යනු ඇත. මෙම වෝල්ට් ගණන අඩු කිරීමට ඔබ ඉහත දැන හඳුනගත් රෙසිස්ටර් එකක් භාවිතා කළ හැකියි (මොකද, රෙසිස්ටර් එකක රාජකාරිය වෝල්ටියත්ව හා ධාරාව සෙට් කිරීමයි). පහත රූපය බලන්න.



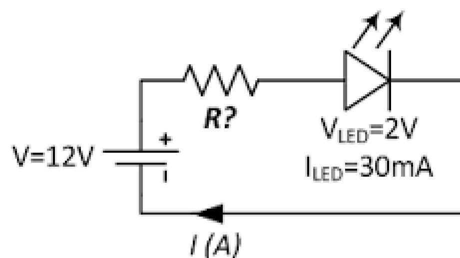

මෙහිදී සිදු වන්නේ බල්බලට අවශ්‍ය වෝල්ට් 6, බල්බය දෙපසට රැඳෙන්නට හෙවත් drop වෙන්නට ඉඩ දී ඉතිරි වෝල්ට් ප්‍රමාණය රෙසිස්ටර් එක දෙපස ඩ්‍රොප් වෙන්නට සැලැස්වීමයි. ඉතිං කොහොමද හරියටම කියන්නේ බල්බය දෙපසට වෝල්ට් 6 ක් ඩ්‍රොප් වන්නේ කියා? ඒ සඳහා ඉහත ඕම් නියමය භාවිතා කර රෙසිස්ටරයේ අගය සුදුසු පරිදි නිශ්චය කළ යුතුයි. ඕම් නියමය යොදා R අගය තීරණය කිරීමට නම් වෝල්ටියතාව හා ධාරාව යන දෙකෙහිම අගයන් දැනගෙන සිටිය යුතුය. දැනටමත් අප වෝල්ටියතා අගයන් ගැන දන්නවා. ඒ කියන්නේ රෙසිස්ටරය හරහා යන ධාරා ප්‍රමාණයයි දැන් නිශ්චය කළ යුතු. රෙසිස්ටරය හා බල්බය සම්බන්ධ කර තිබෙන්නේ ශ්‍රේණිගතවයි. ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධකය හරහා යම් ධාරා ප්‍රමාණයක් ගලා යයිද, එම ධාරා ප්‍රමාණයම බල්බය (උපාංගය) හරහාද ගලා යයි. මින් ඇත්තටම අදහස් කෙරෙන්නේ බල්බයේ (උපාංගයේ) නිසි ක්‍රියාකාරිත්වයට අවශ්‍ය කරන ධාරාව දැන සිටිය යුතුය කියාය. අවශ්‍යයෙන්ම බල්බයේ (උපාංගයේ) ධාරාව තමයි රෙසිස්ටරයේ ධාරාව ලෙස හැමවිටම සලකන්නේ. ඒ ඒ උපාංගයකට අවශ්‍ය කරන වෝල්ටියතාව මෙන්ම ධාරා ප්‍රමාණයද සාමාන්‍යයෙන් එම උපාංගය සමග සඳහන් කෙරෙනවා (එසේ සඳහන් නොවේ නම්, කුමන හෝ ක්‍රමවේදයකින් එය දැනගත යුතුයි). ඉහත උදාහරණයේ බල්බයට මිලි ඇම්පියර් 1 ක් අවශ්‍ය කරන්නේ යැයි සිතමු. දැන් ඕම් නියමය ඇසුරින් ඉහත උදාහරණයේ රෙසිස්ටර් අගය ගණනය කරමු.

බල්බයට වෝල්ට් 6 ක් ලබා දී ඉතිරි 6 රෙසිස්ටරය දෙපස තබා ගෙන, මිලි ඇම්පියර් 1 ක් ඒ තුළින් යැවීමට නම්,

6V = R x 0.001A => R = 6/0.001 => R = 6000 ohms

එනම්, ඕම් 6000 ක රෙසිස්ටර් එකක් යෙදිය යුතු වෙනවා. මෙය සාමාන්‍යයෙන් කිලෝ ඕම් 6 (6k) ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඉහත උදාහරණය ඉතාම සරල ලෙස පෙනුනත්, “ට්‍රාන්සිස්ටර් බයස් කිරීම” වැනි ලොකු ලොකු වචනවලින් හඳුන්වන බොහෝ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ගණනය කිරීම් හා ක්‍රියාවලි පිටුපස තිබෙන්නේ එම සරල ගණනය කිරීම තමයි. සරල LED පරිපථ නිතරම ඉහත ආකාරයෙන් නේද සාදන්නේ? (පහත රූපය) මෙහි LED එකට අවශ්‍ය කරන්නේ 2V නිසා, ඉතිරි (12-2=) 10V වෝල්ටියතාව R වටා ඩ්‍රොප් විය යුතුය. තවද, LED එකට අවශ්‍ය කරන ධාරාව 30mA නිසා රෙසිස්ටරය හරහාද යා යුත්තේ එම ධාරාවයි. දැන් V=IR යන සූත්‍රයෙන් පහසුවෙන්ම යෙදිය යුතු ප්‍රතිරෝධයේ ඕම් අගය ගණනය කළ හැකියි.

(10V) = (0.03A) x (R) ==> R = 10 /0.03 = 333 ohms




**සටහන**

විවිධ දෑ මැනීමට විවිධ ඒකක හඳුන්වාදී තිබෙනවා. සමහර ඒවා සම්මත ඒකක වන අතර, බොහෝ ඒවා එසේ නොවේ. කෙසේ හෝ වේවා, යම් ඒකකයකින් යමක් මනින විට, විශාල මෙන්ම කුඩා අගයන්ද ලැබෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස විශාල දිගක් මීටර් 10,000 ක් (10,000 m) ලෙස හා කුඩා දිගක් මීටර්

0.000001 ක් (0.000001 m) ලෙසද දැක්විය හැකියි. එහෙත් මෙලෙස විශාල හෝ කුඩා අගයන් ලිවීමේදී ඉලක්කම් විශාල ගණනක් ලිවීමට සිදුවේ. එය වැලැක්වීමටද යම් විද්‍යාත්මක ක්‍රමයක් හඳුන්වාදී තිබෙනවා. ඒවා SI multiples (prefixes) ලෙස හැඳින්වෙනවා. පළමුව මෙම මල්ටිපල්ස් හෙවත් ගුණාකාර ටික බලමු. මේ ගැන පළමු පොතේද හොඳ විස්තරයක් ඇත.

kilo (k) = $10^3$ හෙවත් 1,000 ගුණයක්
Mega (M) = $10^6$ ගුණයක්
Giga (G) = $10^9$
Tera (T) = $10^{12}$
Peta (P) = $10^{15}$

milli (m) = $10^{-3}$ හෙවත් 0.001 ගුණයක්
micro (u) = $10^{-6}$ ගුණයක්
nano (n) = $10^{-9}$
pico (p) = $10^{-12}$
femto (f) = $10^{-15}$

ඒ අනුව 1000m නොකියා 1km ලෙස කිව හැක. එලෙසම 6000 ohm නොකියා 6 kilo ohm කියා කිව හැකිය. කිලෝ හැර අගයන් ඉහල පැත්තට යන ඒවායේ වරහන් තුළ පෙන්වා තිබෙන අදාල සංකේත කැපිටල් අකුරුවලින්ද අගයන් කුඩා පැත්තට යන ඒවා සිම්පල් අකුරින්ද ලියයි.

දැන් ඔබ දන්නවා රෙසිස්ටරයක කාර්ය භාරය හොඳින්. මීට අමතරව, රෙසිස්ටරය තවත් ආකාරවලින් දැකිය හැකියි. මෙහෙම සිතන්න. ඔබ ගාව බැටරියක් තිබෙනවා. එය කිසිවකට සම්බන්ධ නොකර නිකංමයි තිබෙන්නේ. බැටරියේ විදුලි ශක්තියක් තිබුණත් එයින් තාමත් ඵලක් නැහැ. ඔබ මල්ටිමීටරයක් ගෙන බැටරියේ අග්‍ර දෙක මැන බැලුවොත් එහි යම් වෝල්ටියතාවක් පෙන්වාවි. ඒ කියන්නේ ඔබ සතුව ''වෝල්ටියතා ප්‍රභවයක්''(voltage source) තිබුණත් ඉන් තාමත් ඵලක් ගත නොහැකිය. ඉන් ප්‍රයෝජනයක් ගැනීමට වෝල්ටියතාව ධාරාවක් බවට හරවා යම් යම් උපාංග තුළින් ගමන් කරවිය යුතුය. මෙය බැලූ බැල්මට සිදු කරන්නේ වයර් සම්බන්ධ කිරීමෙන් බව ඔබට සිතෙනු ඇත. එහෙත් සිතන්න ''කිසිදු ප්‍රතිරෝධයක් නැති'' වයර් කැබැල්ලක් බැටර් අග්‍ර දෙකට සම්බන්ධ කළ විට සිදුවන්නේ කුමක්ද? V=IR සූත්‍රය අනුව, ප්‍රතිරෝධය ශූන්‍ය බැවිනුත් වෝල්ටියතාව නියත බැවිනුත්, ධාරාව අනන්තය ලෙස ලැබේ. ඔබ දන්නවා මෙය ප්‍රායෝගිකය සිදුවිය නොහැකි බව. වෝල්ටියතාවක් හෝ ධාරාවක් හෝ ජවයක් අනන්තයක අගයක් සහිතව කිසිවිටක පැවතිය නොහැකියි මේ විශ්වය තුළ. ඇත්තටම එලෙස බැටරියක (ශක්ති ප්‍රභවයක) අග්‍ර දෙක නිකංම වයර් කැබැල්කින් සම්බන්ධ කළ විට, ඊට කියන්නේ ''ෂෝට් කරනවා'' (short) කියාය. පරිපථ ෂෝට් වීම යනුම භයානක දෙයක් නේද? (රත්වී ගිනිගත හැකියි.) එහෙත් සිතන්න ඔබ සම්බන්ධ කරන්නේ යම් ප්‍රතිරෝධි අගයක් සහිත වයර් කැබැල්ලකින් හෝ උපාංගයකින් කියා. දැන් ඕම් සූත්‍රය අනුව, ඔබට නිශ්චිත ධාරා ප්‍රමාණයක් ලැබෙනවා නේද (ෂෝට් නොවී)? මෙයින් අවසානයේ ඔබට කිව හැක්කේ …

**“ප්‍රතිරෝධකයක් විසින් වෝල්ටියතාවක් ධාරාවක් බවට හැරවේ.”**

මෝටරයක් වේවා බල්බයක් වේවා වෙනත් ඕනෑම (ප්‍රයෝජනවත්) උපාංගයක්/උපකරණයක් වේවා, මේ සෑම එකකම යම් ප්‍රතිරෝධයක් ඇත. එනිසයි එවැනි උපාංගයක්/උපකරණයක් බැටරියකට සම්බන්ධ කිරීම ෂෝට් වීමක් ලෙස නොසලකන්නේ. ඒවගේමයි, මේ ඕනෑම සරල හෝ සංකීර්ණ උපකරණයක් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල විශ්ලේෂණ කටයුතුවලදී හා ගණනය කිරීම්වලදී ප්‍රතිරෝධක ලෙස සලකනවා. මේවා ''භාර ප්‍රතිරෝධක'' (load resistor) යන විශේෂ නාමයකින් හැඳින්වෙන අතර, $R_L$ යන විශේෂ සංකේතයකින් සංකේතවක් කෙරෙනවා.

විවිධ උපාංගවලට සරිලන වෝල්ටියතා හා ධාරාවන් සෙට් කිරීමට විවිධ අගයන්ගෙන් යුත් ප්‍රතිරෝධක අවශ්‍ය කෙරෙනවා. එහෙත් ඔබට අවශ්‍ය කරන සෑම අගයකින්ම යුත් ප්‍රතිරෝධක නිපදවීම ප්‍රායෝගිකව කළ නොහැකියි. ඕම් එකෙන් එකෙන් සියුම්ව වෙනස්වන ප්‍රතිරෝධක නිපදවන්නට සිදු වුවොත්, එකිනෙකට විවිධ අගයන් සහිත ප්‍රතිරෝධක වර්ග මිලියන ගණනක් සෑදීමට සිදු වේවි. ඒවා නිපදවීම කෙසේ වෙතත්, ඒවා ඔබ මිලදී ගෙන ගබඩා කරගන්නේ කෙසේද? සිතා බලන්න. මෙම ප්‍රායෝගික ගැටලුවට කදිම විසඳුමක් ලබා දී ඇත. එනම්, ඔබට අවශ්‍ය ඕනෑම අගයකින් යුත් ප්‍රතිරෝධක වෙනුවට යම් විද්‍යාත්මක ක්‍රමවේදයකට අනුව තීරණය කරන අගයන් සහිත ප්‍රතිරෝධක වර්ග කිහිපයක් හෙවත් ''ප්‍රතිරෝධක ශ්‍රේණියක්'' (resistor series) පමණක් නිපදවේ. ඔබ මිලදී ගත යුත්තේ එම කිහිපය අතරින් ඔබ සොයන අගයට වඩාත්ම ළඟින් යන අගය සහිත ප්‍රතිරෝධකයයි.

ඉහත ප්‍රායෝගික ගැටලුව පමණක් නොවේ ප්‍රතිරෝධක ශ්‍රේණියක් ලෙස සෑදීමට එකම හේතුව. කොහොමත් කාලයත් සමඟ ප්‍රතිරෝධකයේ අගය ටික ටික වෙනස් වේ. තවද, උෂ්ණත්වය මතද තාවකාලිකව (ඒ කියන්නේ උෂ්ණත්ව වෙනස පවතින තාක් ප්‍රතිරෝධි අගය වැඩිවී කූල් වූ පසුව නැවත යථා අගයට පත් වන) මෙන්ම ස්ථිරව (ඒ කියන්නේ උෂ්ණත්වය යථා තත්වයට පත් වුවත්, ප්‍රතිරෝධී අගය දිගටම විකෘතිව පවතින) ප්‍රතිරෝධි අගය වෙනස් වේ. වෙනත් හේතු නිසාද ප්‍රතිරෝධයක අගය ටික ටික වෙනස් විය හැකියි. ඒ විතරක්ද නොවේ; ඔබ ප්‍රතිරෝධකයක් පාස්සන විටද, එම උණුසුම නිසාත් එම මොහොතේම ප්‍රතිරෝධකයක අගය යම් ප්‍රතිශතයකින් වෙනස් වේ. ඉතිං උණුසුමක් ප්‍රතිරෝධකයකට නොවදින ලෙස පෑස්සීමට නොහැකි නිසා, එම වෙනස්වීම ඔබට වැලැක්විය නොහැකියි. ඉතිං විවිධ හේතු නිසා අගය වෙනස් වේ නම්, පරිපථය සෑදීමට "දශමෙටම හරි" අගයන් සහිත උපාංග භාවිතා කිරීමෙන් ඵලක් තිබේද? ඉතාම පිරිසිදු වතුර ටිකක් කිළිටි වීදුරුවකට දමනවා බඳු වැඩක් නේද එය? ප්‍රායෝගික තත්වයන් යටතේ ප්‍රතිරෝධය කොහොමත් වෙනස් වන නිසා, ප්‍රතිරෝධක සාදන විට එහි අගය යම් ප්‍රතිශතයක් එහා මෙහා වූවාට ගැටලුවක් නොවේ.

මේ කරුණු කිහිපය යම් වැදගත් පාඩමක් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථ සාදන අයට කියා දේ. එනම්, පරිපථ සෑදීමේදී රෙසිස්ටර්, කැපෑසිටර්, ඉන්ඩක්ටර් ආදී උපාංග එකම නියත අගයකට පමණක් වැඩ කරන විදියට පරිපථ සැලසුම් නොකළ යුතුය. උදාහරණයක් ලෙස පරිපථයේ අහවල් රෙසිස්ටරයේ අගය කිලෝ ඕම් 10 ක් ලෙස පවතින විට පමණක් නිවැරදිව පරිපථය ක්‍රියාත්මක වන, එහෙත් එම අගය කිලෝ ඕම් 10.5 ක් හෝ 9.5 ක් වන විට හෝ ක්‍රියාවිරහිත වන ලෙස සැලසුම් කළ විට, අනිවාර්යෙන්ම එම පරිපථය නිතර නිතර අක්‍රිය වනු ඇත. එය හොඳ පරිපථ සැලසුම් කිරීමක් නොවේ. ඒ කියන්නේ පරිපථයක යොදන උපාංගවල අගයන් යම් ප්‍රතිශතයකින් එහා මෙහා වුවත් නියමිත ආකාරයට ක්‍රියාත්මක වන පරිදි පරිපථ නිර්මාණය කළ යුතුයි (හා හැකියි). සාමාන්‍ය පරිපථ නිර්මාණයේදී "**10% රීතිය**" පවතී. ඒ කියන්නේ ඔබ අහවල් අගය යැයි සිතා ගණනය කරන උපාංගයේ අගය සියයට දහක් දක්වා අඩු හෝ වැඩි වුවත් කමක් නැත කියාය. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ කිලෝ ඕම් 100 ලෙස සඳහන් කර ඇති ප්‍රතිරෝධකයේ අගය කිලෝ ඕම් 95 සිට 105 දක්වා අගය පරාසයක පැවතියාට එතරම් ගැටලුවක් නොවේ. ඒ කියන්නේ රත්වීම නිසා හෝ කාලයත් සමග "ගෙවී යෑම" නිසා හෝ උපාංගය මිලදී ගන්නා අවස්ථාවේ හරිම අගය නොයෙදීම නිසා හෝ ආදී ඉහත සඳහන් කළ විවිධ හේතු නිසා එම ප්‍රතිරෝධය එම අගය පරාසය තුළ විචලනය වුවද ඉන් පරිපථයේ ක්‍රියාකාරිත්වයට බාධාවක් නොවනු ඇත. එවැනි විචලනයන්ට ඔරොත්තු දෙන ආකාරයටයි පරිපථ සැලසුම් කළ යුත්තේ. එහෙත් ඉතා සූක්ෂ්ම උපකරණ නිර්මාණය කිරීමේදී සමහරවිට එම රීතිය තවත් දැඩි වේ (උදාහරණයක් ලෙස, 10% නොව 1% ලෙස එය තවත් tight විය හැකියි). වෛද්‍ය උපකරණ, විද්‍යාත්මක උපකරණ, ටෙස්ටිං හා කැලිබ්‍රේටිං උපකරණ ආදිය මෙම සූක්ෂ්ම උපකරණ ගොන්නට වැටේ. ඒවායේ දැඩි නිවැරදි භාවය ඇති කර ගැනීමට තනි තනි උපාංගවල කොලිටිය මෙන්ම සර්කිට් ඩිසයින් ක්‍රමවේදයේ කොලිටිය වැදගත් වීම මීට හේතුවයි.

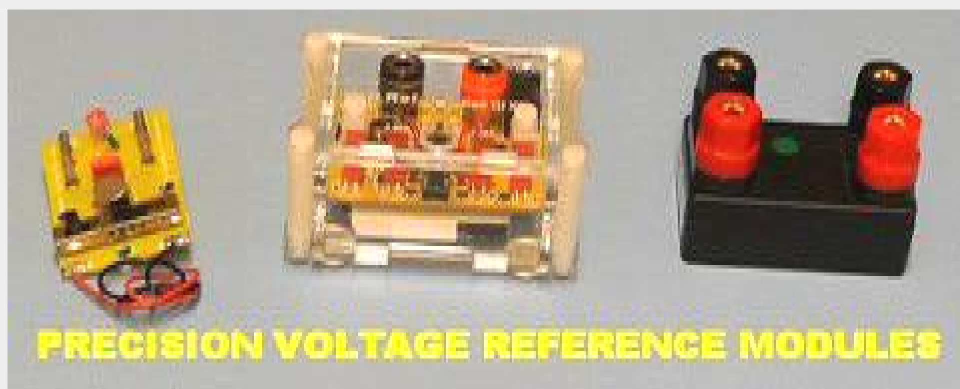
**සටහන**

විද්‍යා හා තාක්ෂණවේදය තුළ අත්‍යවශ්‍ය කාරණා දෙකක් තමයි testing හා calibration කියන්නේ. ඔබ දන්නවා ටෙස්ට් කරනවා යනු යම් යම් දේවල අගය මැන බැලීමයි. යමක තිබිය යුතු අගයද තිබෙන්නේ නැතිනම් වැරදි අගයක්ද තිබෙන්නේ යන්න මින් මනිනවා. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල වෝල්ටියතාව, ධාරාව, ජවය, ප්‍රතිරෝධය, සංඛ්‍යාතය ආදී විවිධ රාශි මැන බැලීමට විවිධ නම්වලින් හැඳින්වෙන උපකරණ රාශියක් තිබෙනවා. මල්ටිමීටරය මේ අතර අත්‍යවශ්‍යම හා ප්‍රචලිතම ටෙස්ටිං උපකරණයයි.

කැලිබ්‍රේට් කරනවා යනු ඔබ පාවිච්චි කරන ටෙස්ටිං උපකරණවල නිරවද්‍යතාව තහවුරු කිරීමයි. උදාහරණයක් ලෙස, යම් මල්ටිමීටරයකින් වෝල්ටියතාවක් මැනගත් විට, එහි පෙන්වන්නේ ඇත්තම අගයද නැතිනම් වැරදි අගයක්ද කියා ඔබ සහතික කර ගන්නේ කෙසේද? නිතරම වාගේ අප ඒ ගැන සිතන්නේ නැති තරම් නේද? මීටරයෙන් මැනගත් විට, එහි පෙන්වන අගය නිවැරදි යැයි සිතනවා නේද? මෙය ඇත්තමට භයානක තත්වයක්. යම් ආයතනයක ආරක්ෂාවට මුරකරුවෙක් යොදවා ඇති විටක, එම මුරකරුවාම අමු හොරෙකු වී නම් ඉන් ඇති විය හැකි තත්වය කුමක්ද? අප දෝෂ සෙවීමට හා විශ්ලේෂණ වැඩවලට ටෙස්ටිං උපකරණ යොදා ගන්නවා. ඉතිං එම ටෙස්ටිං උපකරණම දෝෂ සහිතයි නම් මහා විනාශයකින් සියල්ල කෙළවර විය හැකියි. කැලිබ්‍රේටිංවල වටිනාකම ඇත්තේ මෙහිදියි.

කඩේ පහසුවෙන් මිලට ගත හැකි ලේවල ග්ලූකෝස් මට්ටම මනින මීටර් හෝ අධි රුධිර පීඩනය මනින ඉලෙක්ට්‍රොනික් මීටර්ද භාවිතයට ගැනීමට පෙර වෛද්‍යවරයෙකු සාමාන්‍යයෙන් පාවිච්චි කරන වඩා නිවැරදි අගයන් ලබා දෙන උපකරණයක් මඟින් කැලිබ්‍රේට් කර ගත යුතුය. එසේ නැතිව කෙලින්ම එවැනි උපකරණයක් භාවිතා කර ලේවල සීනි අඩුවෙන් තිබෙනවා යැයි සාවද්‍ය අගයක් පෙන්වා සමහරවිට මරණය පවා ඇතිවන තත්වයකට පත් විය හැකියි. සමහරවිට ඔබ දන්නවා ඇති වෙළෙන්දන් භාවිතා කරන තරාදි පවා කැලිබ්‍රේට් කිරීම නීතියෙන් අනිවාර්ය කර තිබෙන බව. ඔවුන් වසරකට සැරයක් (හෝ දෙසැරයක් හෝ) තමන්ගේ තරාදිය යම් මුදලක් ගෙවා කැලිබ්‍රේට් කරගත යුතුයි. එහි අරමුණ එම කූඨ වෙළෙන්දන් අඩුවට බඩු කිරන එක නතර කිරීමයි. එලෙසම, රජයේ රස පරීක්ෂක දෙපාර්තමේන්තුව, ITI වැනි විද්‍යා පර්යේෂණාගාරවල පවතින උපකරණද කැලිබ්‍රේට් කර තිබිය යුතුයි. එසේ නොවුණොත් එම ආයතන මඟින් කෙරෙන විශ්ලේෂණ වාර්ථාවල වලංගු බවක් නැති වී යයි. උපකරණ කැලිබ්‍රේට් කරන ආයතන ඇත (එම සේවාවන් සඳහා අති විශාල මුදලක්ද අය කෙරේ). සමහර මිල ඉතා අධික ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් මල්ටිමීටර්වල මිල අධික වීමට එක් හේතුවක් වන්නේද එම උපකරණ කැලිබ්‍රේට් කර තිබීමයි (එවැනි මීටර්වල නිරවද්‍යතාව ගැන ඔවුන් ගැරන්ටියක් ලබා දෙන්නේද එනිසයි).

සාමාන්‍යයෙන් කැලිබ්‍රේට් කිරීම එතරම් අපහසු ක්‍රියාවලියක් නොවේ. උදාහරණයක් ලෙස, වෝල්ටියතාව මනින උපකරණයක් කැලිබ්‍රේට් කරන්නට අවශ්‍ය යැයි සිතමු. මෙහිදී දළ වශයෙන් කරන්නේ එම මීටරයෙන් අප දැනටමත් දන්නා ඉතාම නිවැරදි වෝල්ටියතා අගයක් (දර්ශකයක්) මැනීමයි. එවිට, මීටරයෙන් එම අගය නිවැරදිවම පෙන්වන තෙක් මීටරයේ යම් සීරුමාරු (adjust/fine-tune) කිරීමක් සිදු කෙරේ. ඒ අනුව කැලිබ්‍රේෂන් එකක් සිදු කිරීමට අවශ්‍ය වන්නේ අදාල රාශිය නිවැරදිවම දක්වන යම් "දර්ශකයකි" (reference). උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ සතුව 5.000v reference එකක් තිබේ යැයි සිතන්න. දැන් මීටරයෙන් එය මැන්න විට, එහි අගය පෙන්වන්නේ 4.654 ලෙස නම්, මීටරය සීරුමාරු කර එහි හරියටම 5.000v පෙන්වන ලෙසට සැකසිය යුතුයි. දැන් වෝල්ට්මීටරය කැලිබ්‍රේට් කර ඇතැයි සැලකේ. ඔබට අවශ්‍ය නම්, යම් යම් වෝල්ටියතා අගයන්ගෙන් යුතු voltage reference මිල දී ගත හැකියි (තරමක් මිල වැඩියි). පහත රූපයේ එවැනි වෝල්ටේජ් රෙෆරන්ස් මොඩ්‍යුල්ස් තුනක් පෙනේ.




## Value Series

මෙලෙස, කුඩා ඕම් ගණනක සිට විශාල ඕම් ගණනක් දක්වා වූ අති විශල පරාසය සම්පූර්ණයෙන්ම ආවරණය වන ආකාරයට යම් "විද්‍යාත්මක" ක්‍රමවේදයකට අනුව අතරින් පතර අගයන් සහිත ප්‍රතිරෝධක අගයන් සහිත රෙසිස්ටර් සීරීස් කිහිපයක්ම සම්මත කරගෙන ඇත. ඇත්තටම මෙලෙස සීරීස් තුන හතරක්ම EIA (Electronic Industries Association) යන ආයතනය විසින් සම්මත කර තිබේ (E6, E12, E24, E48, E96 ආදී නම්වලින්). මේ සීරීස්වල සංඛ්‍යාව දෙකේ ගුණාකාරවලින් (6, 12, 24 ආදී ලෙස) වැඩි වන බව පේනවාද? ඇත්තටම මෙම සීරීස් පහසුවෙන් මතක තබා ගත හැකි රටාවක් තිබේ. E අකුරට පසුව ඇති සංඛ්‍යාවෙන් කියන්නේ "මූලික අගයන්" කීයද කියන එකයි. මූලික අගයන්

යනුවෙන් මා අදහස් කළේ ඕම් 100 සිට ඕම් 1000 දක්වා වූ පරාසය නියෝජනය කිරීමට "විද්‍යාත්මකව අතරින් පතර" තෝරාගත් අගයන් කිහිපයයි. ඒ අනුව E6 සීරීස් එකේදී එලෙස මූලික අගයන් හයක් තිබිය යුතු අතර, එම අගයන් වන්නේ, 100, 150, 220, 330, 470, 680 වේ. එලෙසම ඕම් 1,000 සිට ඕම් 10,000 දක්වා අගය පරාසය තුළද පවතින්නේ මෙම මූලික අගයන්ගේ ස්වරූපයම සහිත අගයන්ය. ඒ කියන්නේ 1000, 1500, 2200, 3300, 4700, 6800 වේ. ඒ ආකාරයටම ඕම් 10 සිට 100 දක්වා, 10, 15, 22, 33, 47, 68 ලෙසද පවතී. 1-10, 10,000-100,000 ආදී අනෙක් පරාසයන් ගැනද ඒ අනුව වැටහීමක් දැන් ලබා ගත හැකියි නේද?

E6 ශ්‍රේණියට අනුව ප්‍රතිරෝධ නිපදවා ඇති විට, වෙන වෙනම නිපදවිය යුතු ප්‍රතිරෝධ ගණන අඩුය. ඒ සමගම එහි දෝෂයද කැපී පෙනේ. එනම්, ඔබට අවශ්‍ය ඕම්ස් 1900 ප්‍රතිරෝධකයක් නම්, එම අගය නැති නිසා, ඊට ආසන්න අගයන් ඇති 1500 හෝ 2200 යන ප්‍රතිරෝධක දෙකෙන් එකක් ගැනීමට සිදු වේවි. මෙම අගයන් දෙකම බොහෝවිට ඔබට අවශ්‍ය අගයෙන් සැහෙන්න වෙනස් අගයන්ය. මෙම හේතුව නිසා තමයි, E12 ශ්‍රේණිය හඳුන්වා දුන්නේ. මෙහිදී ඉහත E6 හි අගයන් දෙකක් අතර ඇති පරතරයට වඩා අඩු පරතරවලින් යුත් මූලික අගයන් 12 ක් තිබේ (100, 120, 150, 180, 220, 270, 330, 390, 470, 560, 680, 820). මෙම ශ්‍රේණිය අනුව, ඔබට අවශ්‍ය ඕම් 1900 රෙසිස්ටරය සඳහා ලබාගත හැකි ආසන්නතම අගයන් වන්නේ 1800 හෝ 2200 වේ. බලන්න දැන් පෙර අවස්ථාවට වඩා එම අගයට ආසන්න ප්‍රතිරෝධකයක් තිබෙනවා නේද? මේ අනුව පේනවා නේද එක් එක් සීරීස්වල වෙනස්කම? ඉහල අගයක් සහිත සීරීස් හොඳයි නේද? සාමාන්‍ය පරිපථ සඳහා E12, E24 ශ්‍රේණි භාවිතා කෙරනවා. ඇත්තටම ඉහළ ශ්‍රෙණිවල රෙසිස්ටර් මිලෙන් වැඩිය (කොලිටිය වැඩි නිසා). හැරත්, ඔබ රෙසිස්ටරයක් මිලදී ගන්නා විට, අහවල් ශ්‍රෙණියේ රෙසිස්ටර් එකක් දෙන ලෙස කියන්නේ නැත (සමහරවිට කඩේ කෙනා ඒ වගක් නොදන්නවාත් විය හැකියි). ඇත්තටම රෙසිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධී අගය හා සහනතා අගය තුළ මෙම ශ්‍රේණිය වක්‍රව ඇතුලත් වේ (මේ ගැන මොහොතකින් පැහැදිලි කෙරේ).

මා පහත දක්වනවා E3, E6, E12, E24, E48, E96 යන ශ්‍රේණිවල වගු.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **E 3:** | 100 | 220 | 470 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **E 6:** | 100 | 150 | 220 | 330 | 470 | 680 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E12:** | 100 | 120 | 150 | 180 | 220 | 270 | 330 | 390 | 470 | 560 | 680 | 820 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E24:** | 100 | 110 | 120 | 130 | 150 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 270 | 300 | 330 | 360 |
| | 390 | 430 | 470 | 510 | 560 | 620 | 680 | 750 | 820 | 910 | | | | |

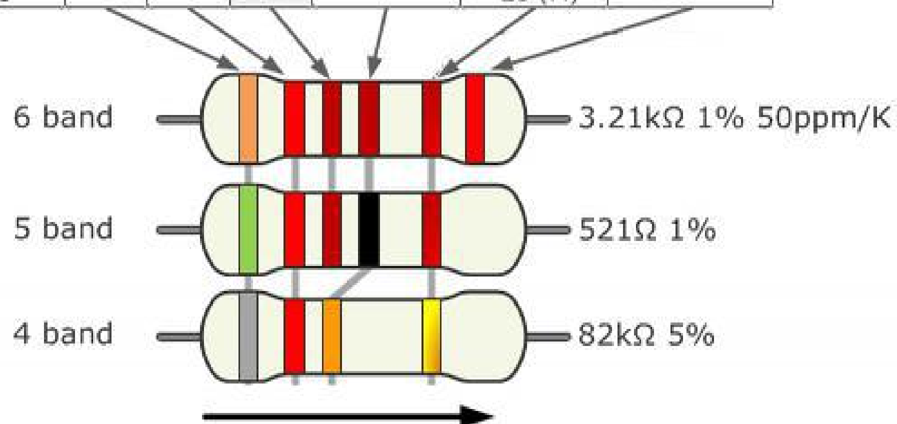
| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E48:** | 100 | 105 | 110 | 115 | 121 | 127 | 133 | 140 | 147 | 154 | 162 | 169 | 178 | 187 |
| | 196 | 205 | 215 | 226 | 237 | 249 | 261 | 274 | 287 | 301 | 316 | 332 | 348 | 365 |
| | 383 | 402 | 422 | 442 | 464 | 487 | 511 | 536 | 562 | 590 | 619 | 649 | 681 | 715 |
| | 750 | 787 | 825 | 866 | 909 | 953 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **E96:** | 100 | 102 | 105 | 107 | 110 | 113 | 115 | 118 | 121 | 124 | 127 | 130 | 133 | 137 |
| | 140 | 143 | 147 | 150 | 154 | 158 | 162 | 165 | 169 | 174 | 178 | 182 | 187 | 191 |
| | 196 | 200 | 205 | 210 | 215 | 221 | 226 | 232 | 237 | 243 | 249 | 255 | 261 | 267 |
| | 274 | 280 | 287 | 294 | 301 | 309 | 316 | 324 | 332 | 340 | 348 | 357 | 365 | 374 |
| | 383 | 392 | 402 | 412 | 422 | 432 | 442 | 453 | 464 | 475 | 487 | 499 | 511 | 523 |
| | 536 | 549 | 562 | 576 | 590 | 604 | 619 | 634 | 649 | 665 | 681 | 698 | 715 | 732 |
| | 750 | 768 | 787 | 806 | 825 | 845 | 866 | 887 | 909 | 931 | 953 | 976 | | |

## කලර් කෝඩ් හා රෙසිස්ටර් අගයන් දක්වන වෙනත් ක්‍රම

ප්‍රතිරෝධී අගය ප්‍රතිරෝධය මත සටහන් කෙරේ. ප්‍රචලිතම ක්‍රමය වන්නේ වර්ණ කේත (color code) ක්‍රමයයි. ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධකයේ යම් යම් වර්ණ තීරු දක්නට ලැබෙන අතර, එම තීරු කියවා ප්‍රතිරෝධක අගය ගණනය කිරීමට සිදු වේ. ප්‍රතිරෝධකවල වර්ණ තීරු 4 ක් හෝ 5 ක් හෝ 6 ක් තිබිය හැකියි. ප්‍රථමයෙන්ම, කලර් කෝඩ්වලට හිමි අගයන් මතක තබාගත යුතුය. වර්ණ 12 ක් පමණයි මතක තබා ගැනීමට සිදු වන්නේ. ඔබ කුඩා කළ සිට කටපාඩමින් දන්නා දේදුන්නේ පාට පිළිවෙල (රතු-තැඹිලි-කහ-කොල-නිල්-දම්) මෙහි ඇත (දේදුන්නේ පාට 7 මා මතක තබා ගත්තේ "රන් තැඹිලි කුඩන කොල්ලා නිල් ඉරක් දකී" යනුවෙනි; රෙසිස්ටර්වලදී ඉන්ඩිගෝ යන වර්ණය ඉවත් කර ඇත්තේ දම් හා ඉන්ඩිගෝවල වෙනස සෙවීමට අපහසු නිසාය). පහත දැක්වෙන්නේ කලර් කෝඩ් එකයි (තීරු 4 හෝ 5 හෝ 6 ක් ඇති සෑම රෙසිස්ටරයකටම පොදුවේ ගත හැකි පරිදි එම කලර් චාට් එක සකසා ඇත).

| Color | Signficant figures | | | Multiply | Tolerance (%) | Temp. Coeff. (ppm/K) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| black | 0 | 0 | 0 | x 1 | | 250 (U) |
| brown | 1 | 1 | 1 | x 10 | 1 (F) | 100 (S) |
| red | 2 | 2 | 2 | x 100 | 2 (G) | 50 (R) |
| orange | 3 | 3 | 3 | x 1K | | 15 (P) |
| yellow | 4 | 4 | 4 | x 10K | | 25 (Q) |
| green | 5 | 5 | 5 | x 100K | 0.5 (D) | 20 (Z) |
| blue | 6 | 6 | 6 | x 1M | 0.25 (C) | 10 (Z) |
| violet | 7 | 7 | 7 | x 10M | 0.1 (B) | 5 (M) |
| grey | 8 | 8 | 8 | x 100M | 0.05 (A) | 1(K) |
| white | 9 | 9 | 9 | x 1G | | |
| gold | | | 3th digit only for 5 and 6 bands | x 0.1 | 5 (J) | |
| silver | | | | x 0.01 | 10 (K) | |
| none | | | | | 20 (M) | |




තීරු හතරක් සහිත ඉහත රෙසිස්ටරයේ අගය ගණනය කරන අයුරු දැන් බලමු. E12, E24 යන ශ්‍රේණිවල රෙසිස්ටර් තමයි තීරු හතරක් සහිතව දක්වෙන්නේ. (මෙයින් පැහැදිලි වන්නේ යල්පැන ගිය E3, E6 ශ්‍රේණිවල රෙසිස්ටර් අගය පෙන්වීමට තීරු තුනක වර්ණ කේත යොදාගෙන ඇති බව නේද?) මෙම රෙසිස්ටරයේ වර්ණ තීරු අලු-රතු-තැඹිලි-රන් වේ. වර්ණ තීරු වම් පැත්තේ සිට දකුණටද දකුණු පස සිට වම් පැත්තටද සැලකිය යුත්තේ? රෙසිස්ටරයක් අනෙක් පැත්තට කරකවපු විට වම දකුණද මාරු වේ. එය තීරණය කරන්නේ කෙලෙසද? හරිම පහසුයි. වර්ණ තීරු වැඩිපුරම බර පැත්තෙන් ආරම්භ කළ යුතුයි. ඒ විතරක් නොවේ, එක් වර්ණ තීරයක් දක්වන්නේ අනෙක් තීරුවලට වඩා වැඩි පරතරයක් තබාය. එම වර්ණ තීරුව තමයි අවසානයට සැලකිය යුත්තේ. ඒ අනුව, එම රෙසිස්ටරයේ අගය සොයමු. මෙහිදී පළමු වර්ණ දෙකට හිමි අංක පිළිවෙලින් ලියා, තෙවැනි වර්ණයට හිමි අංකයට සමාන බිංදු

ගණනක් ලිවිය යුතුය. සිව් වන වර්ණයෙන් කියන්නේ සහනතා (ටොලරන්ස්) අගයයි. ඒ අනුව,

අලු - 8
රතු - 2
තැඹිලි - 3 → 000
රන් - 5%

## සහනතා අගය (tolerance)

මේ අනුව එම රෙසිස්ටරයේ අගය 82000 ඕම් හෙවත් 82k ලෙස ලැබේ. ටොලරන්ස් ප්‍රතිශතය යනු රෙසිස්ටරයක් සම්බන්ධව සැලකිය යුතු වැදගත්ම ලක්ෂණයක්. එම ප්‍රතිශතයෙන් කියන්නේ ඉහත ආකාරයට සොයාගත් ප්‍රතිරෝධ අගය කොපමණ ප්‍රතිශතයකින් එහෙට මෙහෙට වෙනස් විය හැකිද කියාය. උදාහරණයක් ලෙස ඕම් 100 ක ප්‍රතිරෝධකයක 10%ක ටොලරන්ස් එකක් ඇතැයි සිතන්න. එවිට, ඇත්තටම මෙම ප්‍රතිරෝධකයේ සත්‍ය අගය ඕම් 100 න් 10%ක් (එනම් ඕම් 10 ක්) එහා මෙහා යා හැකියි. එනම්, එම වෙනස්වන අගයෙන් භාගයක් 100 න් ඉහළ පැත්තටත්, අනෙක් භාගය පහළ පැත්තටත් යා හැකියි. ඒ අනුව, එම ඕම් 100 රෙසිස්ටරය සත්‍ය ලෙසම තනි 100 ලෙස නොව, (100-5=) 95 සිට (100+5=) 105 දක්වා පරාසයකයි තිබිය හැක්කේ. තවත් උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත 82k 5% ප්‍රතිරෝධය සලකමු. 82k යනු 82000 වේ. එම අගයෙන් 5%ක් යනු ඕම් 4100 කි. එවිට, ඉහත රෙසිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධි අගය (8200 – (4100/2) = 82000 – 2050 =) 79950 සිට (82000 + (4100/2) = 82000 + 2050 =) 84050 දක්වා පරාසයක පැවතිය හැකියි.

රෙසිස්ටරයක සහනතා අගය/ප්‍රතිශතය (tolerance) යනු සෘජුවම ඉහත E-ශ්‍රේණි හා සම්බන්ධ කරුණක්. 20%, 10%, 5%, 2%, 1%, 0.5% ආදී ලෙස විවිධ සහනතා ප්‍රතිශත ඇත. සාමාන්‍ය පරිපථ සඳහා 5% සහිත රෙසිස්ටර් හොඳය. ඇත්තටම E ශ්‍රෙණියේ අගය වැඩි වෙනවා යනු, සහනතා අගය අඩු වීමයි. **සහනතා අගය අඩු වීම යනු, රෙසිස්ටරයේ කොලිටිය වැඩි වීමයි. ඒ කියන්නේ රෙසිස්ටරයේ මිලද වැඩි වීමයි.** සාමාන්‍යයෙන් E12 ශ්‍රෙණියේ 10% ක ටොලරන්ස් එකක් ඇත. E24 ශ්‍රෙණියේ 5% ක ටොලරන්ස් එකක්ද, E48 ශ්‍රෙණියේ 2% ක ටොලරන්ස් එකක්ද, E96 ශ්‍රෙණියේ 1%ක ටොලරන්ස් එකක්ද ආදී ලෙස ඇත.

ඉහත රූපයේ තීරු පහක් සහිත රෙසිස්ටරයේ අගය සොයන අයුරු දැන් බලමු. E48, E96, E192 යන ශ්‍රේණිවල රෙසිස්ටර් තීරු පහක් සහිතව දැක්වේ. එම රෙසිස්ටරයේ වර්ණ තීරු පිළිවෙලින් කොල-රතු-දුඹුරු-කලු-දුඹුරු වේ. මෙහි පළමු වර්ණ තීරු තුනට අදාල ඉලක්කම් තුන ලියා, හතරවැනි වර්ණයට හිමි ඉලක්කමට සමාන බිංදු ලිවිය යුතුය. පසුවැනි වර්ණ තීරුවෙන් කියන්නේ ටොලරන්ස් අගයයි. ඒ අනුව,

කොල – 5
රතු - 2
දුඹුරු - 1
කලු - 0 → කලුවලට හිමි අගය 0 වන නිසා, ඉන් කියන්නේ බිංදුවේ ඒවා කිසිවක් දමන්න එපා කියායි.
දුඹුරු - 1%

මේ අනුව එම රෙසිස්ටරයේ අගය 521 ohm 1% වේ. මෙම උදාහරණයේ සිව්වන වර්ණය දුඹුරු වූවා නම්, දුඹුරුවලට හිමි අංකය 1 නිසා එක බිංදුවක් දැමිය යුතු වෙනවා (5210). එය රතු වූවා නම්, රතුවලට හිමි අංකය 2 නිසා බිංදු දෙකක් දැමිය යුතු වෙනවා (52100). එහෙත් එය කලු ලෙසයි තිබුණේ. කලුවලට හිමි අංකය 0 යි. බිංදුව යනු වටිනාකමක් නැත යන්න හෙවත් කිසිවක් දමන්න එපා කියායි.

## උෂ්ණත්ව සංගුණකය

ඉහත රූපයේම තීරු හයක් සහිත රෙසිස්ටරයේ අගය සොයන්න. මෙයද ඉහත තීරු පහේ රෙසිස්ටරය සේම සැලකිය යුතුයි. ඊට අමතරව අවසානයේ ඇති කලර් තීරුවෙන් අමතර විස්තරයක් දැක්වේ. එය

උෂ්ණත්ව සංගුණකය (temperature coefficient) ලෙස හැඳින් වෙනවා. ඉන් කියන්නේ ප්‍රතිරෝධකයේ අගය උෂ්ණත්වය අනුව වෙනස් වන ප්‍රමාණයයි. ඉහත උදාහරණයේ 6 වන වර්ණ තීරුව රතු වන අතර, ඊට හිමි අංකය 2 වේ. උෂ්ණත්ව සංගුණක තීරුවේ 2 ට හිමි අගය වන්නේ 50 ppm/K වේ. මෙම අගයෙන් තේරෙන්නේ කුමක්දැයි බලමු. මෙයින් කියන්නේ කෙල්වින් එකක උෂ්ණත්ව වෙනසකදී සලකා බලන රෙසිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධය මිලියනයෙන් කීයෙන් පංගුවක වෙනසක් ඇති වෙනවාද යන්නයි. උදාහරණයක් ලෙස 10k රෙසිස්ටරයක් ගමු 50 ppm/K සංගුණකය සහිත. මෙහි 10k යනු සාමාන්‍ය කාමර උෂ්ණත්වයේදී (ඒ කියන්නේ සෙල්සියස් අංශක 25 දී පමණ) පවතින ප්‍රතිරෝධි අගයයි. මෙම උෂ්ණත්වයේ සිට උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් අංශක එකකින් වෙනස් වන්නේ නම්, එවිට, 10k හෙවත් 10,000 ඕම් අගයෙන් මිලියනයෙන් පංගුවක් ගත් විට, එවැනි පංගු 50 කින් දැක්වෙන ඕම් ගණනකින් ප්‍රතිරෝධය වෙනස් වේ. එය ගණනය කළ විට, (10,000 /1,000,000)x50 = 0.5 ohm වේ. ඒ කියන්නේ එක සෙල්සියස් අංශකයකින් උෂ්ණත්වය වෙනස් වන විට, එම 10k ප්‍රතිරෝධකයේ 0.5 ohm ක වෙනසක් ඇති වේ (උෂ්ණත්වය අංශකයකින් ඉහල යන විට, ප්‍රතිරෝධි අගය 0.5ohm කින් වැඩි වන අතර, උෂ්ණත්වය අංශකයකින් පහල යන විට, ප්‍රතිරෝධී අගය 0.5ohm කින් පහල යයි). එම රෙසිස්ටරය අංශක 20 කින් වෙනස් වන විට, 0.5 x 20 = 2 ohm කින් වෙනස් වේ. මේ ආදී ලෙස එක් එක් ඕම්ස් ගණනින් යුත් ඕනෑම රෙසිස්ටරයක ඕනෑම උෂ්ණත්ව වෙනසකදී ඇති වන ප්‍රතිරෝධි වෙනස පහසුවෙන්ම ගණනය කළ හැකියි. (උෂ්ණත්වය කෙල්වින් වලින්ද මැනිය හැකියි සෙල්සියස් මෙන්ම. තවද, කෙල්වින් එකක උෂ්ණත්ව වෙනසක් හැමවිටම සෙල්සියස් එකක වෙනසකට සමාන නිසා, ඉහත PPM/K ලෙස තිබ්බත් PPM/C ලෙස තිබ්බත් දෙකෙන්ම කියවෙන්නේ එකම දේයි.) සූත්‍රයක් ලෙස එය පහත ආකාරයට අවශ්‍ය නම් ලිවිය හැකියි.

ප්‍රතිරෝධ වෙනස = (රෙසිස්ටර් අගය) x (උෂ්ණත්ව සංගුණකය) x (උෂ්ණත්ව වෙනස) / 1,000,000

**සටහන**

යමක වෙනස්වීම ආකාර කිහිපයකින් දැක්විය හැකියි. එක් එක් අවස්ථාව සඳහා මේ ක්‍රමවලින් යම් ක්‍රමයක් වඩා පහසු විය හැකියි. ආකාරය කුමක් වුවත්, සියල්ලෙන්ම හැඟවෙන්නේ එකම දෙයයි - එනම්, වෙනස්වීම කොතරම් ප්‍රමාණයක්ද යන්නයි.

1. නිශ්චිත අගයකින් දැක්වීම. උදාහරණයක් ලෙස, ඕම් 1000 රෙසිස්ටරයේ අගය ඕම් 10 කින් වෙනස් වේ කියා කිව හැකියි. මෙම වෙනස් වීම අඩු පැත්තට හෝ වැඩි පැත්තට විය හැකියි. එනම්, වැඩි පැත්තට 10 කින් වෙනස් වෙනවා යන්න "1000+10" (=1010)ලෙසද, අඩු පැත්තට වෙනස් වීම "1000-10" (=990) ලෙසද ලිවිය හැකියි. තවත් විටක, දෙපසටම අඩු/වැඩි විය හැකියි. එය "1000±10" (990 සිට 1010 දක්වා) ලෙස දැක්විය හැකියි.

2. ප්‍රතිශතයකින් දැක්වීම. උදාහරණයක් ලෙස, ඕම් 1000 රෙසිස්ටරයේ අගය 10%කින් වෙනස් වෙනවා යැයි කිව හැකියි. මෙයද ඉහත ලෙසම වැඩි බව "1000+10%" (=1100) ලෙස හෝ අඩු බව "1000-10%" (900) ලෙස හෝ හෝ දෙපසටම "1000±10%" (900 සිට 1100 දක්වා) ලෙස ලිවිය හැකියි.

3. PPM (parts per million), PPB (parts per billion), PPT (parts per trillion) ලෙස දැක්වීම. උදාහරණයක් ලෙස, ppm යනු යම් දෙයකින් කොටස් මිලියනයක් ගතහොත් ඉන් කොතරම් කොටසක් වෙනස් වන්නේද කියාය. ඇත්තටම මෙය යම් මිශ්‍රණයක සංයුතිය සඳහන් කිරීමට නිතර යොදාගන්නා ක්‍රමයකි. "සාමාන්‍ය වාත අණු මිලියනයකට දූවිලි අංශු මෙච්චරක් තිබේ" ආදි ලෙස පවසන විට මෙවැනි ක්‍රමයක් තමයි යොදා ගන්නේ. මෙවැනි ප්‍රකාශයකට පසුව විචලනය වන ඒකකය සාමාන්‍යයෙන් / යන්නට පසුව පෙන්වයි. උදාහරණයක් ලෙස, 100 PPM/K දැක්විය හැකියි. මෙහි /K යන කොටසින් පෙන්වන්නේ අච්චර ප්‍රමාණයක් වෙනස් වන්නේ කෙල්වින් එකක විචලනය වීමකට බව පෙන්වීමටයි.

කලර් කෝඩ් ක්‍රමයට අමතරව, තවත් ක්‍රමයක් තිබෙනවා ප්‍රතිරෝධකයක අගය දක්වන. එහිදී ප්‍රතිරෝධකය මත ඉලක්කම් තුනක හෝ හතරක සංඛ්‍යාවක් දැක්වේ. සමහරවිට එම සංඛ්‍යාවට පසුව

යම් ඉංග්‍රිසි අකුරක්ද තිබේ. ඇත්තට මෙය කලර් කෝඩ් ක්‍රමයට වඩා පහසුවෙන් තේරුම් ගත හැකියි. ඉලක්කම් තුනක් තිබෙන අවස්ථාවේදී ඉන් පළමු ඉලක්කම් දෙක නිකංම ලියා, තුන්වන ඉලක්කමට සමාන බිංදු ගණනක් එම ඉලක්කම් දෙකට පසුපසින් දැමූ විට දැක්වෙන්නේ එම රෙසිස්ටරයේ ඕම්ස් ගණනයි (ඒ කියන්නේ තුන්වෙනි ඉලක්කම ගුණාකාරය හඟවයි). උදාහරණයක් ලෙස, 273 ගමු.

273 → 27000 ohm = 27k

ඉලක්කම් හතරක් ඇති අවස්ථාවක, පළමු ඉලක්කම් 3 ම සාමාන්‍ය පරිදි ලියා, හතරවන ඉලක්කමට (ගුණාකාරයට) සමාන බිංදු ගණනක් යොදන්න. උදාහරණයක් ලෙස,

7992 → 79900 ohm = 79.9k

දශමස්ථාන ඇති විට, තවත් අපූරු වැඩක් කළ හැකියි. එනම්, එම දශම තිත ඉවත් කර එතැනට k හෝ M හෝ R යෙදිය හැකියි. ඕම් අගය කිලෝඕම්වලින් නම් තිබුණේ k අකුරද, මෙගාඕම්වලින් නම් තිබුණේ M අකුරද, 1000 ට අඩු අගයකදී R (Resistor) අකුරද යෙදේ. උදාහරණ ලෙස,

79.9k → 79k9
0.1 ohm → 0R1

ඉලක්කම්වලට පසුව ඉංග්‍රිසි අකුරක් තිබේ නම්, ඉන් කියන්නේ ප්‍රතිරෝධකයේ ටොලරන්ස් අගයන්ය.

| A | B | C | D | F | G | J | K | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.05% | 0.1% | 0.25% | 0.5% | 1% | 2% | 5% | 10% | 20% |

උදාහරණ ලෙස,

7992 J = 79k9 J = 79.9 kilo ohms (5% ටොලරන්ස් එකක් සමග)

තවත් සමහර අවස්ථාවල උෂ්ණත්ව සංගුණකයද තවත් ඉංග්‍රිසි අකුරකින් දැක්විය හැකියි. එවිට එම ඉංග්‍රිසි අකුරට හිමි උෂ්ණත්ව සංගුණක මෙසේය (මෙහි සියලු අගයන් ppm/K වලින් දැක්වේ).

| U | S | R | Q | P | Z | M | K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 250 | 100 | 50 | 25 | 15 | 10 | 5 | 1 |

මීටත් අමතරව EIA නම් ආයතනය විසින් හඳුන්වා දුන් EIA-96 නම් ක්‍රමයක්ද තිබෙනවා රෙසිස්ටරයක අගය දැක්වීමට. මෙය E96 ශ්‍රේණිය පාදක කොටගෙනයි ඉදිරිපත් කර තිබෙන්නේ (එනිසයි එහි නමට 96 යන කොටස ලැබී ඇත්තෙත්). මෙම ක්‍රමයේදී ඉලක්කම් දෙකක් හා ඉංග්‍රිසි අකුරකින් තමයි අගය දක්වන්නේ. එහි ඉංග්‍රිසි අකුරින් කියන්නේ ගුණාකාරය වේ. එම ඉංග්‍රිසි අකුරු හා ඊට අදාල ගුණාකාරය පහත වගුවෙන් දැක්වේ.

| Z | Y/R | X/S | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.001 | 0.01 | 0.1 | 1 | 10 | 100 | 1000 | 10000 | 100000 |

ඉංග්‍රිසි අකුරට පෙර තිබෙන ඉලක්කම් දෙකෙන් නිරූපණය කෙරෙන අගය සොයා ගැනීමට තවත් වගුවක් ඇත. අදාල ඉලක්කම දෙකට ගැලපෙන අගය එම වගුවෙන් සොයාගත යුතුයි. E96 ශ්‍රෙණියේදී මූලික අගයන් ඇත්තේ 96 කි. ඉතිං මෙම සියලුම මූලික අගයන් ඉලක්කම් දෙකේ සංඛ්‍යාවකින් නියෝජනය කළ හැකියි. එම වගුව පහත ඇත. ඇත්තටම මෙහි අමුත්තක් නැත. 01 සිට 96 දක්වා සංඛ්‍යාවලට එම ශ්‍රේණියේ මූලික අගයන් ආරෝහණ අනුපිළිවෙළට ලබා දී ඇත.

| Code | Value | Code | Value | Code | Value | Code | Value | Code | Value | Code | Value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 100 | 17 | 147 | 33 | 215 | 49 | 316 | 65 | 464 | 81 | 681 |
| 02 | 102 | 18 | 150 | 34 | 221 | 50 | 324 | 66 | 475 | 82 | 698 |
| 03 | 105 | 19 | 154 | 35 | 226 | 51 | 332 | 67 | 487 | 83 | 715 |
| 04 | 107 | 20 | 158 | 36 | 232 | 52 | 340 | 68 | 499 | 84 | 732 |
| 05 | 110 | 21 | 162 | 37 | 237 | 53 | 348 | 69 | 511 | 85 | 750 |
| 06 | 113 | 22 | 165 | 38 | 243 | 54 | 357 | 70 | 523 | 86 | 768 |
| 07 | 115 | 23 | 169 | 39 | 249 | 55 | 365 | 71 | 536 | 87 | 787 |
| 08 | 118 | 24 | 174 | 40 | 255 | 56 | 374 | 72 | 549 | 88 | 806 |
| 09 | 121 | 25 | 178 | 41 | 261 | 57 | 383 | 73 | 562 | 89 | 825 |
| 10 | 124 | 26 | 182 | 42 | 267 | 58 | 392 | 74 | 576 | 90 | 845 |
| 11 | 127 | 27 | 187 | 43 | 274 | 59 | 402 | 75 | 590 | 91 | 866 |
| 12 | 130 | 28 | 191 | 44 | 280 | 60 | 412 | 76 | 604 | 92 | 887 |
| 13 | 133 | 29 | 196 | 45 | 287 | 61 | 422 | 77 | 619 | 93 | 909 |
| 14 | 137 | 30 | 200 | 46 | 294 | 62 | 432 | 78 | 634 | 94 | 931 |
| 15 | 140 | 31 | 205 | 47 | 301 | 63 | 442 | 79 | 649 | 95 | 953 |
| 16 | 143 | 32 | 210 | 48 | 309 | 64 | 453 | 80 | 665 | 96 | 976 |

උදාහරණ ලෙස

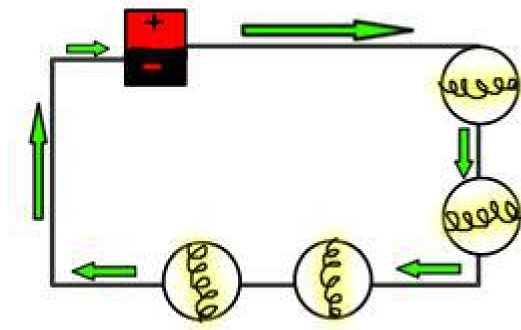
49B → 31600 ohm = 31.6k

මෙම ක්‍රමයේදී ටොලරන්ස් අගයක් නිරූපණය නොකරන්නේ එය අනවශ්‍ය බැවිනි මක්නිසාද මෙම ක්‍රමයෙන් දක්වන්නේ E96 ශ්‍රෙණියේ ප්‍රතිරෝධකයි. ඒවා හැමවිටම 1% ටොලරන්ස් සහිතයි. ඇත්තටම, කලර් කෝඩ් ක්‍රමය හැර අනෙක් ඉහත ක්‍රම දෙක බහුලවම භාවිතා වෙන්නේ ඉතා කුඩා SMD රෙසිස්ටර් සඳහාය (ඒවා කුඩා නිසා කලර් කෝඩ් ක්‍රමය යෙදිය නොහැකියි).

දැන් ඔබ දන්නවා රෙසිස්ටරයක අගය සොයන විදිය. රෙසිස්ටර් දෙකක් හෝ කිහිපයක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කිරීමෙන්ද අපට අවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධක අගයන් සාදා ගත හැකියි. ප්‍රතිරෝධක දෙකක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කළ හැකි ආකාර දෙකක් පවතී - ශ්‍රේණිගත (series) හා සමාන්තරගත (parallel). ප්‍රතිරෝධක දෙකක් පමණක් නොව, වෙනත් ඕනෑම උපාංග දෙකක් වුවද සම්බන්ධ කළ හැක්කේ මෙම ආකාර දෙකෙන් එකක් යොදා ගනිමින් පමණයි. ප්‍රතිරෝධක කිහිපයක් මෙම ක්‍රමවලින් සම්බන්ධ කළ විට, අවසානයේ ඒ සම්බන්ධිත සියලු ප්‍රතිරෝධකයන් තනි එක් ප්‍රතිරෝධකයකින් නිරූපණය කරන්නට (උපකල්පනය කරන්නට) හැකියි. එම අවසන් ප්‍රතිරෝධකය "සමක ප්‍රතිරෝධකය" ලෙස හැඳින් වෙනවා.

## ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධය හා KVL

විදුලි ධාරාව නොබෙදී යන සේ සම්බන්ධ කිරීම ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධයයි. එනම්, ප්‍රතිරෝධක දෙකක් (හෝ වෙනත් ඕනෑම උපාංග දෙකක් හෝ කිහිපයක්) සම්බන්ධ කරන විට, එක උපාංගයක් හරහා යන සම්පූර්ණ ධාරාවම අනෙක් උපාංගය හරහාද ගමන් කරයි නම් එය ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධතාවක් ලෙස සැලකේ. පහත රූපයෙන් කොලපාට ඊතල වලින් පෙන්වන්නේ ධාරාවයි. ඔබට පේනවා එම එකම ධාරාව රවුම්වලින් නිරූපණය කෙරෙන උපාංග/ප්‍රතිරෝධක සියල්ල හරහාම ගමන් කරන බව.

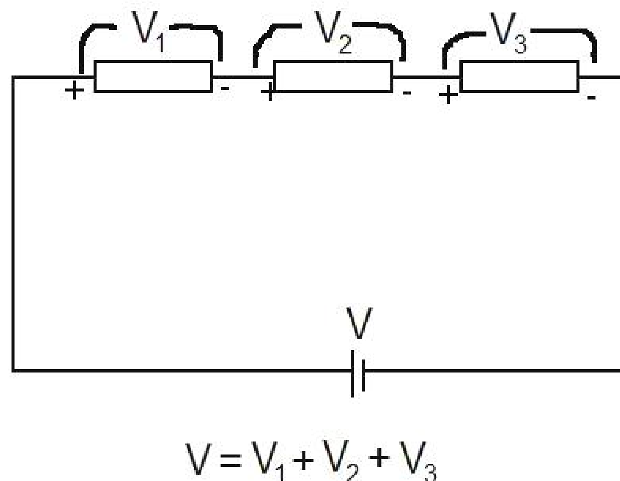


ශ්‍රේණිගතව ප්‍රතිරෝධක කිහිපයක් සම්බන්ධ කළ විට, එහි සමක ප්‍රතිරෝධය වන්නේ එම ප්‍රතිරෝධකවල අගයන්ගේ එකතුවයි. ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ විට ඇති විශේෂත්වය නම්, අනිවාර්යෙන්ම සමක ප්‍රතිරෝධය එහි ඇති ප්‍රතිරෝධක අතරින් විශාලතම අගය සහිත ප්‍රතිරෝධකයට වඩා විශාල වේ. උදාහරණයක් ලෙස, 100 හා 10 ඕම් ප්‍රතිරෝධක දෙකක් ශ්‍රේණිගතව සම්බනධ කළ විට, එහි සමක ප්‍රතිරෝධය අනිවාර්යෙන්ම 100 ට වඩා විශාල වේ. එනම්,

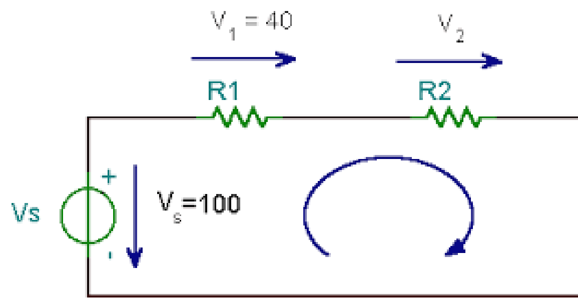
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

මෙහිදී මතක තබා ගත යුතු කාරණා දෙකක් තිබේ. එකක් නම්, සෑම ප්‍රතිරෝධයක් හරහාම යන්නේ එකම ධාරාවක් වීම.

අනෙක් කාරණාව වන්නේ එක් එක් ප්‍රතිරෝධකය දෙපස ඒ ඒ ප්‍රතිරෝධකයේ අගය අනුව සුදුසු වෝල්ටියතාවක් ඩ්‍රොප් වීම. එහෙත් ප්‍රතිරෝධක කොපමණ තිබුණත් එම ප්‍රතිරෝධක සියල්ලේම තනි තනිව දෙපස ඩ්‍රොප් වූ වෝල්ටියතාවන්ගේ මුළු එකතුව හැමවිටම එම ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ සම්පූර්ණ පරිපථ කොටසට යෙදූ භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවට (supply voltage - $V_S$) සමාන වේ. මෙය කර්චොෆ්ගේ වෝල්ටියතා නියමය (Kirchoff's Voltage Law – KVL) ලෙස ප්‍රකටය (මෙයටම Kirchoff's Loop Law යන නම යෙදේ). මේ අනුව, කර්චොෆ්ගේ නියම ව්‍යුත්පන්න කර ඇත්තේ ඕම් නියමය ආශ්‍රයෙන් බව පේනවා.




උදාහරණයක් ලෙස පහත රූපයෙන් දැක්වෙන R2 හි දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතා අගය (V2) සොයන්න. KVL අනුව, 100 = 40 + V2 → V2 = 100 – 40 = 60V වේ.




සාමාන්‍යයෙන් යම් විදුලි ධාරාවක් යම් “ශක්ති ප්‍රභවයකින්” (බැටරියකින්) පටන් ගෙන යම් යම් උපාංග රාශියක් හරහා ගමන් කර, නැවත එම ප්‍රභවය (බැටරිය) තුළටම ඇතුලු විය යුතුමයි. ප්‍රභවයෙන් එළියට ගිහිපු ධාරා ප්‍රමාණය කිසිදු දශමෙක අඩු වැඩි වීමක් නොවී ප්‍රභවය තුළට ඇතුලු වේ. එලෙස ධාරාව ගමන් කිරීමේදී ඒ ඒ උපාංගවල ප්‍රතිරෝධි අගයට සාපේක්ෂව ඒ ඒ උපාංග දෙපසට ඩ්‍රොප්වන විභවයන්වල එකතුව එම ප්‍රභවයේ (බැටරියේ) මුලු වෝල්ටියතාවට සමාන වේ. මෙය ධාරාව “වටයක් ගැසීමක්” (ලූප්) වැනි නිසයි Kirchoff’s Loop Law යන නමත් ලැබී තිබෙන්නේ.

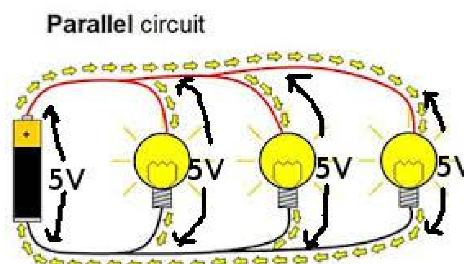
ශ්‍රේණිගතව රෙසිස්ටර් දෙකක් සම්බන්ධ කරන විට, මනසින් හෝ කැල්ක්‍යුලේටර් එකකින් හෝ පහසුවෙන්ම එම ප්‍රතිරෝධකවල අගයන් එකතු කොට සමක ප්‍රතිරෝධය සොයාගත හැකියි. එහෙත් විශේෂයෙන් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල යම් යම් ගණනය කිරීම් ඉතාම පහසුවෙන් ඔලුවෙන් සාදා ගන්නට යම් “උපක්‍රම” ඇත (ඉංග්‍රිසියෙන් rules of thumb යනුවෙන් ඒවා හැඳින්වේ). ශ්‍රේණිගත ප්‍රතිරෝධක දෙකක් සම්බන්ධ කර ඇති විට, එක් ප්‍රතිරෝධකයක අගය අනෙක් එකෙහි අගයෙන් 10% හෝ ඊට වඩා අඩු නම්, එම කුඩා ප්‍රතිරෝධකය නොසලකා හරී. උදාහරණයක් ලෙස, 100k හා 5k යන ප්‍රතිරෝධක දෙක ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කර ඇති විට, 5k ප්‍රතිරෝධකය 100k ගෙන් 10%ට වඩා අඩු නිසා කිසිම ගණනය කිරීමක් නොකරම සමක ප්‍රතිරෝධය ලෙස 100k යන්න සැලකිය හැකියි. එහෙත් සමහර අවස්ථා තිබීමට හැකියි (විශේෂයෙන්ම උසස් වඩා නිරවද්‍ය උපකරණවල) 10% නොව 1% ලෙස ගැනීමට අවශ්‍යය.

ශ්‍රේණිගත ප්‍රතිරෝධකවල සමක ප්‍රතිරෝධය සොයන සූත්‍රය ගොඩනඟා ගන්නේද ඕම් නියමය (කර්චොෆ්ගේ නියමය) ආශ්‍රයෙනි. එක් එක් ප්‍රතිරෝධ සියල්ලගේම වෝල්ටියතාවල එකතුව භාහිර වෝල්ටියාතාවට සමාන වන අතර, ඒ සැම එකක් හරහාම ගමන් කරන්නේ එකම ධාරාවද වේ. ඒ අනුව,

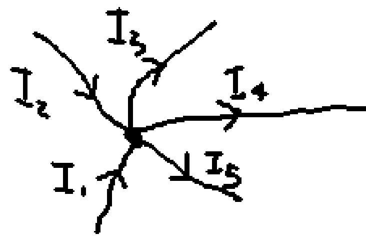
$V = V_1 + V_2 + V_3 \rightarrow IR = IR_1 + IR_2 + IR_3 \rightarrow IR = I(R_1+R_2+R_3) \rightarrow \mathbf{R = R_1 + R_2 + R_3}$

## සමාන්තරගත සම්බන්ධය හා KCL

ප්‍රතිරෝධක දෙකක් (හෝ වෙනත් ඕනෑම උපාංග දෙකක් හෝ කිහිපයක්) එකිනෙකට සම්බන්ධ කරන්නේ භාහිරින් යොදන විදුලියේ වෝල්ටියතාව ඒ ප්‍රතිරෝධක දෙකටම පොදු එකම අගයක් වන ආකාරයට නම්, එතැන තිබෙන්නේ සමාන්තරගත සම්බන්ධතාවකි. මෙහිදී ප්‍රතිරෝධක දෙක හෝ සියල්ලම දෙපස පවතින්නේ පොදු එකම වෝල්ටියතාවකි.



වෝල්ටියතාව සමාන වුවද, ඒ එක් එක් උපාංගය/ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගමන් කරන ධාරාවන් වෙනස්ය (ප්‍රතිරෝධී අගය අනුව ගමන් කරන ධාරාව වෙනස් වේ). එහෙත් මෙහිදීද වැදගත් නියමයක් තිබේ. එනම්, සමාන්තරගතව සම්බන්ධිත එක් එක් ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා ගමන් කරන ධාරාවන් සියල්ලගේම එකතුව භාහිරින් එම සමාන්තරගත සම්පූර්ණ පරිපථ කොටසට යෙදවෙන ධාරාවට සමාන වේ. මෙය කර්චොෆ්ගේ ධාරා නියමය (Kirchoff's Current Law – KCL) ලෙස හැඳින් වේ. මෙයම Kirchoff's Node Law ලෙසද හැඳින් වේ. එසේ හැඳින්වීමට හේතුව මෙයයි. පරිපථයක ධාරාවන් ගමන් ගන්නා මාර්ග කිහිපයක් එක තැනකට කනෙක්ට් වන විට, එවිටද මෙම KCL යෙදිය හැකියි. ධාරාවන් කිහිපයක් එකතැන් වන ස්ථානය (හෙවත් "පොයින්ට් එක") "මංසන්ධිය" (node) ලෙස හැඳින්වේ. එවිට, යම් නෝඩ් එකකට එන ධාරාවන්ගේ මුලු එකතුව එම නෝඩ් එකෙන් පිටවන සියලුම ධාරාවන්ගේ එකතුවට සමාන වේ.

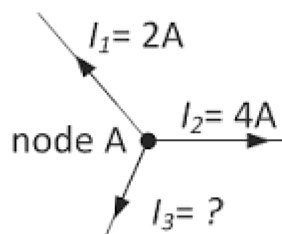


ඒ අනුව, KCL පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි.

$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$

ඉහත සූත්‍රයම අවශ්‍ය නම්, $I_3 + I_4 + I_5 - I_1 - I_2 = 0$ ලෙසද ලිවිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස පහත රූපයේ $I_3$ අගය සොයන්න. KCL අනුව, $I_1 = I_2 + I_3$ වේ.

$2 = 4 + I_3 \rightarrow I_3 = 2 - 4 = -2$ වේ. මෙය අගයෙන් 2 වන අතර සලකුණින් ඍණ වේ. ඒ කියන්නේ රූපයේ දැක්වෙන $I_3$ හි දිශාව වැරදියි. එහි පෙන්වා ඇති දිශාවට නොව ඊට විරුද්ධ පැත්තට ඊ හිස ඇඳිය යුතුයි.




සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කර ඇති ප්‍රතිරෝධකවල සමක ප්‍රතිරෝධය සෙවීමට පහත සූත්‍රය භාවිතා කළ හැකියි.

$1/R_T = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \ldots$

සමාන්තරගත අවස්ථාවේදී ඇති විශේෂත්වය වන්නේ අනිවාර්යෙන්ම සමක ප්‍රතිරෝධය එහි ඇති එක් එක් ප්‍රතිරෝධක අතරින් කුඩාම අගය සහිත ප්‍රතිරෝධකයට වඩා අගයෙන් කුඩා වීමයි. උදාහරණයක් ලෙස 100 හා 10 ඕම් ප්‍රතිරෝධක දෙකක් සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කළ විට, ඒ දෙකෙහි සමක ප්‍රතිරෝධය අනිවාර්යෙන්ම 10 ට වඩා කුඩා වේ. ඉහත සූත්‍රයද ගොඩනඟා ඇත්තේ ඕම් නියමය ඇසුරින්ය. සෑම ප්‍රතිරෝධයක් දෙපසම ඇත්තේ භාහිරින් යොදන සැපයුම් විභවයට සමාන විභවයන් වන අතර, භාහිරින් යොදන ධාරාවට සමානයි එක් එක් ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගලන ධාරාවන්ගේ එකතුව. ඒ අනුව,

$I = I_1 + I_2 + I_3 \rightarrow V/R = V/R_1 + V/R_2 + V/R_3 \rightarrow V/R = V(1/R_1+1/R_2+1/R_3) \rightarrow \mathbf{1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3}$

ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවට මෙන්ම සමාන්තරගත අවස්ථාවටද 10% රීතිය (රූල් ඔෆ් තම්) ඇත. මෙහිදී, සමාන්තරගතව සම්බන්ධකර තිබෙන ප්‍රතිරෝධ දෙකෙන් එකක් අනෙක් ප්‍රතිරෝධකයේ අගයෙන් 10% හෝ ඊට වඩා කුඩා නම්, සමක ප්‍රතිරෝධය ලෙස එම කුඩා ප්‍රතිරෝධකයේ අගය පමණක් සැලකිය හැකියි (විශාල අගය සහිත ප්‍රතිරෝධය නොසලකා හැර).

ශ්‍රේණිගත හා සමාන්තරගත අවස්ථා දෙකෙහිම 10% රීතිය යොදා ගෙන දළ අගයන් සෑදීම දක්නට ලැබුණා. මෙම රීතිය අනුගමනය කරන්නේ ඔලුවෙන් ගණන් හැදීමට හා පරිපථයක් බලාගෙන එය ඉක්මනින් හා පහසුවෙන් විශ්ලේෂණය කිරීමටයි. පරිපථ සත්‍ය ලෙස නිර්මාණය කිරීමේදී සත්‍ය අගයන් නිවැරදිව කැල්කියුලේටර් එකක් යොදාගෙන ගණනය කිරීම උචිතයි. ඉස්සර සාමාන්‍ය භාවිතාව සඳහා වැඩිපුර භාවිතා කළේ 10% හෝ ඊටත් වැඩි සහනතා අගයන් සහිත ප්‍රතිරෝධකයි. ඒ කාලයේදී සමහරවිට පරිපථ නිර්මාණය කිරීමේදී පවා සත්‍ය අගයන් කැල්කියුලේටර් එකකින් ගණනය කරනවාට වඩා ඉහත 10% රීතිය අනුගමනය කරමින්ම සෑදීමට යම් හැකියාවක් තිබුණි. එහෙත් ඔබ දැන් වැඩි වශයෙන් භාවිතා කරන්නේ 5% සහනතා ප්‍රතිශතයන් සහිත ප්‍රතිරෝධක නම්, ඉහත 10% රීතිය සත්‍ය අගයන් සෙවීම වෙනුවට ආදේශ කර ගත් විට, එම හොඳ ප්‍රතිරෝධක යොදා ගැනීමේ වාසිය අහිමි වී යයි. එනිසා මා පෞද්ගලිකව යෝජනා කරන්නේ සත්‍ය අගයන් ගණනය කිරීමේදී 10% වෙනුවට 5% ලෙස සලකන ලෙසයි. වඩා නිරවද්‍ය පරිපථ සෑදීමේදී 1% ලෙස තවත් එය අඩු කිරීම ඉතාම යෝග්‍යයි.

ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා හැමවිටම යම් ධාරාවක් ගලා යයි. ඒ නිසා හැමවිටම ප්‍රතිරෝධකයක් රත් වේ (ධාරාවක් ගලා යන ඕනෑම මාධ්‍යයක්/ද්‍රව්‍යයක් රත් වීම ස්වාභාවික විද්‍යාත්මක සංසිද්ධියක්). රත් වීමට හේතුව එතැන තාප ශක්තිය (heat energy) තිබීමයි/නිපැදවීමයි. එනම් විදුලි ශක්තිය තාප ශක්තිය බවට පරිවර්ථනය වී ඇත. විදුලිය තාපය බවට පත් වීම "තාප උත්සර්ජනය" (heat dissipation) ලෙස හැඳින් වේ. ඇත්තටම මෙම ඇතිවන තාපය ශක්තිය අපතේ යෑමකි. ඒ කියන්නේ, ඔබ සාදන පරිපථයේ නිපැදවෙන තාපයෙන් ඔබට ප්‍රයෝජනයක් නැහැ නේද? (විදුලියෙන් තාපය නිපදවා ප්‍රයෝජනයට ගත හැකි හීටර්, අයන්, අවන් වැනි ප්‍රයෝජනවත් උපකරණද තිබෙන බව මතක තබා ගන්න.) පරිපථවල නිපැදවෙන තාපයෙන් කිසි වැඩක් නැතිවා පමණක් නොවේ, එම තාපයෙන් පරිපථවලට හානිද ඇති වේ; එම හානි අවම කරගන්නට ෆෑන්, හීට් සින්ක් ආදී උපක්‍රම යෙදීමට සිදු වීමෙන් පරිපථ වියදමද වැඩි වේ.

ප්‍රතිරෝධකවල පමණක් නොව, සාමාන්‍ය විදුලිය ගමන් කරන වයර් (සන්නායක) පවා තාප උත්සර්ජනය සිදු කරනවා (ඊට හේතුව සෑම සන්නායකයක යම් කුඩා හෝ ප්‍රතිරෝධකතාවක් තිබීම බව ඔබ දැන් දන්නවා). තවද, ඔබ අත්විඳ ඇති කැපැසිටර්, ට්‍රාන්සිස්ටර්, අයිසී ආදී ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගත් රත් වෙනවා. ඒ කියන්නේ අනිවාර්යයෙන්ම ඒවායේද ප්‍රතිරෝධකතා තිබිය යුතුයි කියන එකයි. උදාහරණයක් ලෙස, කැපැසිටර් එකක් ගමු. සාමාන්‍යයෙන් අප කියනවා කැපැසිටර් එකක තිබෙන්නේ ධාරිතාවක් පමණයි කියා. කැපැසිටර් එකක ප්‍රතිරෝධකතාවක් තිබිය නොහැකියි. මෙවැනි කැපැසිටර් ideal ("පරිපූර්ණ") කැපැසිටර් ලෙස හැඳින් වේ. අයිඩියල් යනු සත්‍ය ලෙස නොපවතින, තියරිවලට පමණක් සත්‍ය අවස්ථාවන්ය. ලොව කිසිම දෙයක් පරිපූර්ණ නැත. උපකරණ හා උපාංගද එසේමයි. උදාහරණයක් ලෙස, වයර්වල ප්‍රතිරෝධකතාව ශූන්‍ය ලෙස සැලකුවත්, එහි ඇත්තටම යම් ප්‍රතිරෝධකතාවක් ඇත. එහෙත් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උපාංග ඉගෙන ගැනීමේදී ඒ ඒ උපාංගවල අයිඩියල් ක්‍රියාකාරිත්වය ඉගෙන, ඉන්පසු ප්‍රායෝගිකව ඇතිවන තත්වයන් ඉගෙන ගැනීමෙන් ඉතා හොඳ අවබෝධයක් ඒ ගැන ඇති කර ගත හැකියි.

බල්බයක් සලකන්න. එය විදුලි ශක්තිය ආලෝක ශක්තිය බවට පත් කරනවා. ඒ කියන්නේ විදුලිය වැය කොට යම් කාර්යක් බල්බය සිදු කරනවා. මෝටරයක් ගතහොත් එය විදුලිය චාලක ශක්තිය බවට පත් කරනවා. ටීවී වැනි උපකරණයක් ගතහොත් එමඟින් විදුලිය ආලෝකය, ශබ්දය යන ශක්ති දෙකටම පරිවර්ථනය කරනවා. මේ සෑම උපකරණයක් විසින්ම සිදු වූයේ යම් (ප්‍රයෝජනවත්) කාර්යක් සිදු කිරීමට විදුලිය වැය කිරීමයි. ප්‍රතිරෝධකයක් ගැන සිතන්න. එයද විදුලිය වැය කරනවා (තාපය ලෙස). එම තාපයෙන් ප්‍රයෝජනයක් ගත නොහැකි වීම ද්විතියික කාරණයක්; වැදගත් කාරණය වන්නේ ප්‍රතිරෝධකය පෙර සඳහන් කරපු උපකරණ මෙන්ම විදුලිය වැය කිරීමයි. මෙම සමානකම නිසා තමයි,

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී ඕනෑම සරල හෝ සංකීර්ණ උපකරණයක් ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙස නිරූපණය කිරීමට හැකියාව ලැබී ඇත්තේ (භාර ප්‍රතිරෝධකය). පරිපථය විශ්ලේෂණ කිරීමට හා සැලසුම්කරණ විට, භාහිරින් ඊට සවි කරන යම් යම් උපකරණ ඇත් නම්, ඒවා නිකංම භාර ප්‍රතිරෝධක ලෙස සලකනවා.

ඇත්තටම ප්‍රතිරෝධකයක් විසින් උත්සර්ජනය කරන තාපයෙන් ප්‍රයෝජනයක් නැතත්, එය අත්‍යවශ්‍යයෙන්ම සිදු වන්නක්. ප්‍රතිරෝධක යනු පරිපථයකට නැතිවම බැරි උපාංගයක්. එනිසා, ප්‍රතිරෝධකවල සිදුවන එම අප්‍රයෝජනවත් තාප උත්සර්ජනය ''අපතේ යෑමක්'' (wastage) ලෙස නොසිතිය යුතුයි. එය වැලැක්වීමට හැකියාව තිබියදී නොවැලැක්වූවා නම් වේස්ටේජ් එකක් විය හැකිය තිබුණා. එහෙත් ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා ධාරාවක් ගලා යෑමේදී තාපය ජනනය වීම කිසිසේත් වැලැක්විය නොහැකියි. මෙය හරියට ටොපි කොලයකට උපමා කළ හැකියි. ඔබ මුදල් ගෙවන්නේ ටොපියටයි. ඔබ රස විඳින්නේද ටොපියයි. එහෙත් එය අනිවාර්යෙන්ම යම් ටොපි කොලයක ඔතා තිබේ. එම කොලයටද යම් වියදමක් දැරීමට සිදු වේ. ටොපි කොලය නැතිව ටොපිය විතරක් තිබූ විට ටොපිය නරක් වේවි. එනිසා ටොපි කොලය විසි කළද, ටොපියට එම කොලය වැදගත් නේද?

## ජූල් නියමය

ඇත්තටම ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා ධාරාවක් ගලන විට, ඉන් උත්සර්ජනය වන තාප ප්‍රමාණය (ශක්තිය) පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකියි. ඒ සඳහා පහත සඳහන් සරල සූත්‍රය යොදන්න. මෙම සූත්‍රයෙන් දැක්වෙන්නේ R ඕම් අගයකින් යුත් රෙසිස්ටරයක් හරහා I ඇම්පියර් අගයකින් යුත් ධාරාවක් ගිය විට ''තත්පර එකක කාලයක් තුළ උත්සර්ජනය වන තාප ශක්තිය'', P වේ. ''තත්පර එකකට ශක්තිය'' යන්නට ''ජවය'' හෝ ''ක්ෂමතාව'' (power) යන වචන විද්‍යාවේදී භාවිතා වෙනවා. එය මනින ඒකකය ''තත්පරයට ජූල්'' ($Js^{-1}$) හෙවත් ''වොට්'' (W) වේ. (උදාහරණයක් ලෙස, 40W ක බල්බයක් පත්තු කර ඇති විට, සෑම තත්පරයකදීම එය ජූල් 40 ක් බැගින් වැය කරමින් සිටිනවා.) මෙය ජූල් නියමය (Joule's Law) ලෙස හැඳින් වෙනවා.

$$P = I^2R$$

ඉහත සූත්‍රයම පහත ආකාරයටත් ලිවිය හැකියි. ඇත්තටම පහත සූත්‍රය සර්වප්‍රකාරයෙන්ම ඉහත සූත්‍රයට සමාන වුවද, පහත සූත්‍රය ජූල් නියමය ලෙස හැඳින් වෙන්නේ නැත. පහත සූත්‍රය ව්‍යුත්පන්න කර තිබෙන්නේ සාමාන්‍ය ධාරාව, වෝල්ටියතාව යන භෞතික රීති දෙක මතය. එනම්, ''ඒකක ධාරාවක්'' (unit current) යනු එක තත්පරයකදී යම් ලක්ෂ්‍යක් හරහා යන ''ඒකක ආරෝපණයකි''; ''ඒකක වෝල්ටියතාවක්'' යනු ''ඒකක ආරෝපණයක්'' ගමන් කරවීමට වැය කිරීමට අවශ්‍ය ''ඒකක ශක්තියකි''; එවිට, (ධාරාව)x(වෝල්ටියතාව) යනු ඒකක කාලයකදී වැයකරන ශක්තියයි. එය තමයි පහත සූත්‍රයක් ආකාරයට ලියා ඇත්තේ. එහෙත් ජූල් විසින් පර්යේෂණාත්මක දත්ත මතයි ඉහත ජූල් නියමය ඉදිරිපත් කර තිබෙන්නේ. මෙහිදී ඇත්ත වශයෙන්ම සිදු වී ඇත්තේ එම පර්යේෂණාත්මකව සොයාගත් සූත්‍රය සෛද්ධාන්තිකවත් ව්‍යුත්පන්න කිරීමයි.

$$P = VI$$

එනම්, උපාංගය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාව එම උපාංගය හරහා යන ධාරාවෙන් ගුණ කළ විට ලැබෙන්නේ එම උපාංගය තත්පරයකදී වැය කරන විදුලි ශක්ත ප්‍රමාණයයි. මෙම සූත්‍රයේ V යන්නට V=IR යන ඕම් සූත්‍රය ආදේශ කිරීමෙන් පහසුවෙන්ම මුල් සූත්‍රය ව්‍යුත්පන්න කළ හැකියි. එනම්,

$$P = VI = (IR)(I) = I^2R$$

අවශ්‍ය නම්, P=VI යන්නෙහි I යන්නට ඕම් සූත්‍රය ආදේශ කර තවත් ආකාරයකට එය ලිවිය හැකියි.

$$P = VI = (V)(V/I) = V^2/I$$

මේ අනුව, එකම සූත්‍රය තුන් ආකාරයකින් ලිවිය හැකි බව පෙනේ. ඔබ දන්නා අගයන් දෙක අනුව සුදුසු සූත්‍රයක් භාවිතා කළ හැකියි (උදාහරණ ලෙස, V, I දෙක දන්නේ නම් P=VI ද, I,R දෙක දන්නේ නම්, $P=I^2R$ ද, V,R දෙක දන්නේ නම්, $P=V^2/R$ ද යොදා ගත හැකියි).

$P = VI = I^2R = V^2/R$

උදාහරණයක් ලෙස, 10k ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා 10mA ධාරාවක් ගමන් කරන විට, ප්‍රතිරෝධකය උත්සර්ජනය කරන ක්මතාව ගණනය කරමු.

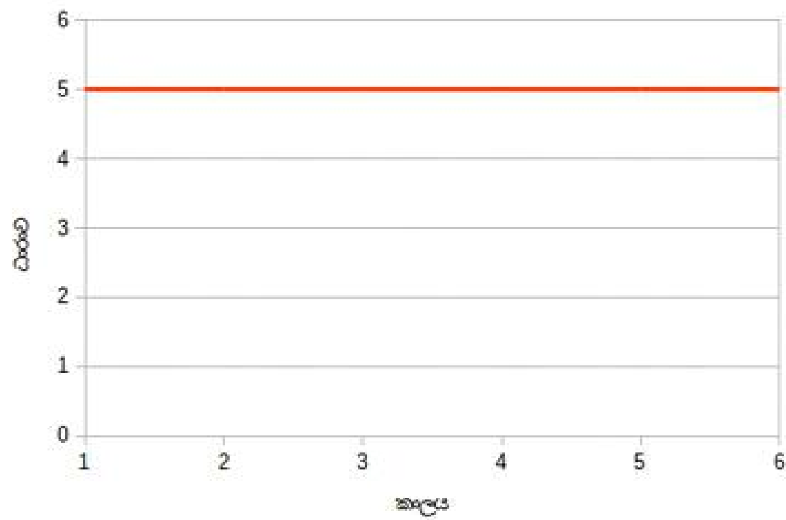
$P = I^2R \rightarrow (0.01)^2 \times (10000) = 1W$ වේ.

## Resistor Wattage

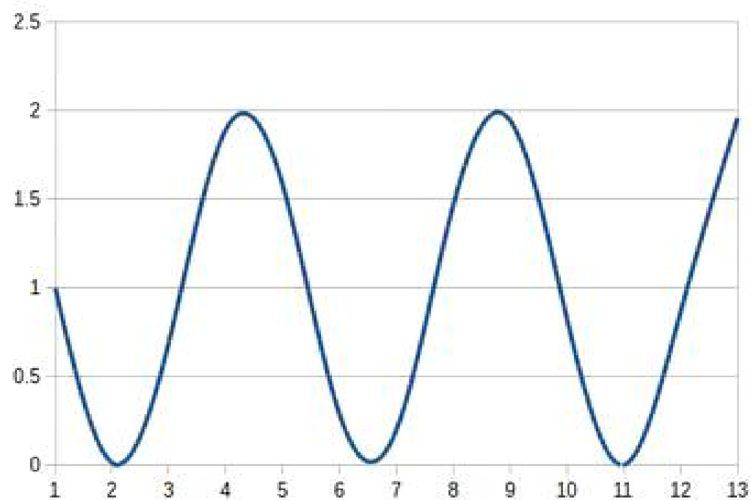
යම් ප්‍රතිරෝධකයක් එය උත්සර්ජනය කරන ශක්තියට ඔරොත්තු දිය යුතුය. එනිසා ප්‍රතිරෝධක මිලදී ගැනීමේදී ඒ ගැන සැලකිලිමත් විය යුතුයි. තමන් ප්‍රතිරෝධකයක් මිලදී ගැනීමේදී එය හරහා කොතරම් ධාරාවක් ගලා යනවාද යන්න දැන සිටිය යුතුයි. එය දැනගත් පසු ඉහත සූත්‍රයක් ඇසුරින් එහි වොට් ගණන ගණනය කළ යුතුයි. ඕම් ගණනට අමතරව රෙසිස්ටරයක වොට් ගණනක්ද තිබේ (වොට් 0.25 (කාල), 0.5 (බාගය), 0.75, 1, 2, 10 ආදී ලෙස). ඔබ මිලදී ගන්නා රෙසිස්ටරයේ වොට් ගණන ඉහත ගණනය කිරීමේදී ලැබෙන වොට් ගණනට වඩා වැඩි විය යුතුය. ඊට වඩා අඩු එකක් දැමූ විට එය පිලිස්සී යයි. එකම ඕම් අගය සහිත රෙසිස්ටරයක් ගතහොත්, අඩු වොට් ගණනක් සහිත ප්‍රතිරෝධකයකට වඩා වැඩි වොට් ගණනක් සහිත රෙසිස්ටරයක සයිස් එක මෙන්ම මිලද වැඩිය.

පරිපථයේ යම් තැනකට යම් අගයක් සහිත රෙසිස්ටරයක් අවශ්‍ය යැයි සිතමු. එහි වොට් ගණනත් ඉහත කියූ ආකාරයට ගණනය කළ හැකියිනෙ. තනි රෙසිස්ටරයක් වෙනුවට එම (සමක) අගය ලැබෙන පරිදි රෙසිස්ටර් දෙකක් ශ්‍රේණිගතවත් යෙදිය හැකියිනෙ. දැන් මෙම කුඩා රෙසිස්ටර් දෙකේ වොට් ගණන කීයක් විය යුතුද? මෙම කුඩා රෙසිස්ටර් දෙකේ වොට් ගණන මුලින් තනි රෙසිස්ටරයේ වොට් ගණනට සමාන විය යුතුද? නැත. එහෙත් කුඩා රෙසිස්ටර් දෙකක් (හෝ කිහිපයක්) ඇති විට වොට් ගණනද මේ දෙක (හෝ කිහිපයක) අතරේ බෙදී යයි. ඊට හේතුව, පෙර අවස්ථාවේදී තනි රෙසිස්ටරය විසින් සම්පූර්ණ තාපය නිපදවූවා (එය $I^2R$ යන සූත්‍රය අනුව ගණනය කළ හැකියිනෙ). එවිට, R අගය විශාල බැවින් එම රෙසිස්ටරයේ වොට් ගණන වැඩියි. එහෙත් කුඩා රෙසිස්ටර් දෙකක් යොදවන විට ඒ දෙක විසින් වෙන වෙනම තාපය නිපදවනවා. එවිට, තමන් නිපදවන තාප ප්‍රමාණයට ගැලපෙන වොට් ගණනක් පමණයි අවශ්‍ය වන්නේ. දැන් තනි තනි කුඩා රෙසිස්ටරයේ R අගයන් කුඩාය. එවිට, තනි තනියෙන් නිපදවන තාපයද  කුඩාය. එවිට, වොට් ගණනද කුඩාය. ශ්‍රේණිගතව රෙසිස්ටර් යොදන විට ලැබෙන එක් වාසියක් තමයි මේ. උදාහරණයක් ලෙස, යම් තැනක වොට් 1 ක ඕම් 100 ක තනි රෙසිස්ටරයක් යොදනවා වෙනුවට දැන් වොට් 0.5 ක ඕම් 50 කුඩා රෙසිස්ටර් දෙකක් යෙදිය හැකියි. එහෙමත් නැතිනම්, වොට් කාලේ ඕම් 25 රෙසිස්ටර් 4 ක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ හැකියි.

ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා විදුලියක් ගලා යන විට අනිවාර්යෙන්ම එය රත්වන බව දැන් ඔබ දන්නවා. මේ ගැන තව දුරටත් සලකා බලමු. ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගලා යන ධාරාව ඒකාකාර (steady) ඩීසී කරන්ට් එකක් නම්, කිසිදු අමතර සොයා බැලිල්ලකින් තොරව කෙලින්ම $P=I^2R$ සූත්‍රයට එම ධාරාවේ අගය ආදේශ කළ හැකියි. ඒකාකාර ඩීසී කරන්ට් එකක් යනු කාලයත් සමග අගය (එතරම්) විචලනය නොවන කරන්ට් එකකි (පහත ප්‍රස්ථාරයේ රතුපාටින් එය දක්වා ඇත).




එහෙත් පහත ප්‍රස්ථාරයෙන් පෙන්වා දී තිබෙන පරිදි සයිනාකාරව පවතින ධාරා හැඩයක් ඇති අවස්ථාව ගැන සිතන්න. මෙහි ධාරාව 0 සිට 2 දක්වා රටාවට අඩු වැඩි වෙමින් ගමන් කරනවා. ඉහත ආකාරයට ඒකාකාරව ධාරව ගමන් කිරීමෙහි, පහත ආකාරයට අඩු වැඩි වෙමින් ගමන් කිරීමෙහි අතර වෙනසක් ඇති කරයිද තාප උත්සර්ජනය කෙරෙහි?




ඔව්, පැහැදිලිවම වෙනසක් තිබෙනවා. ඒකාකාරව ධාරාව ගමන් කරන විට, තාපයත් අඛණ්ඩව ඒකාකාරව නිපදවෙනවා. එහෙත් දෙවැනි අවස්ථාවේදී මෙන් විචලනය වෙමින් ධාරාව ගමන් කරන විට, තාපය නිපදවීමද ඇති වන්නේ එම හැඩයට සාපේක්ෂවයි. ඒ කියන්නේ තාපය උත්සර්ජනය නිරන්තරයෙන්ම අඩු වැඩි වෙමින් තමයි සිදු වෙන්නේ. සිතන්න ඔබ එකම වේගයකින් අඛණ්ඩව විශාල දුරක් දුවනවා කියා. එය කොතරම් අපහසුවක්ද? එම දුරම වේගය අඩු වැඩි වෙමින් (අතරමඟ විවේකයන්ද ගනිමින්) දුවන විට, එය පහසුවක් වේවි නේද? ඉහත තාප උත්සර්ජන අවස්ථා දෙකට මෙම උපමාව කදිමට ගැලපේ.

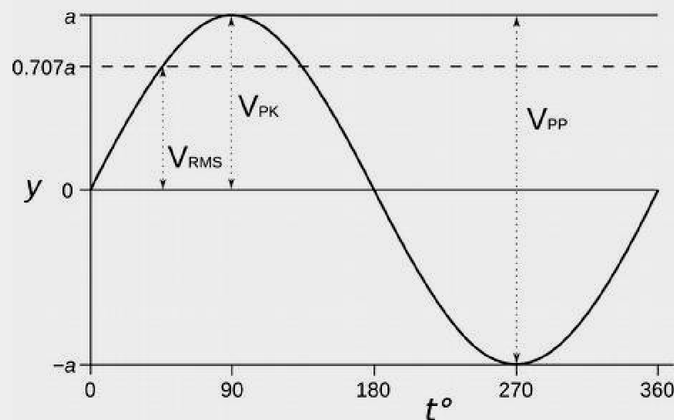
## RMS අගය

ඉහත පටලැවිල්ල එතැනින් නවතින්නේද නැත. විචලනය සහිතව ධාරාව ගමන් කරන විට, ඉහත තාප උත්සර්ජනය ගණනය කරන සූත්‍රයට දැමිය යුතු ධාරාවේ අගය කුමක්ද? එම අගය දැන්

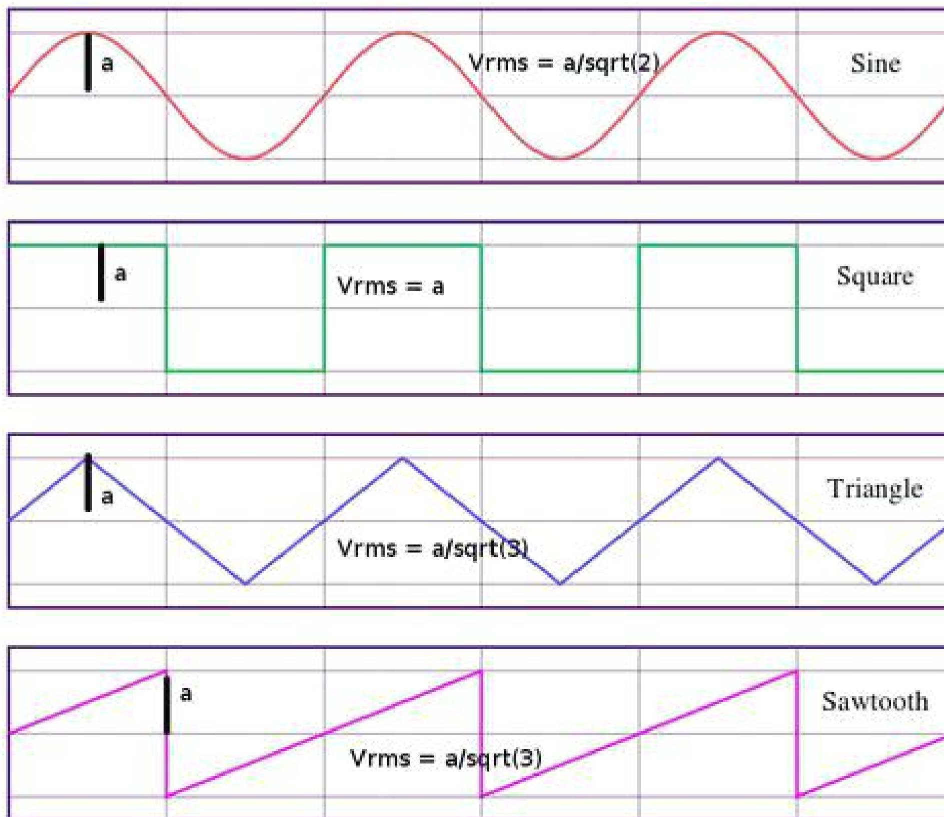
නිරන්තරයෙන්ම විචලනය වේ. විචලනය වන ධාරාවේ උපරිම අගයද දැමිය යුත්තේ? අවම අගයද? නැතහොත් මධ්‍යම (ඇවරේජ්) අගයද? එසේත් නැතිනම්, කුමන වර්ගයේ අගයක්ද දැමිය යුත්තේ? RMS (Root Mean Square) යන නමින් හැඳින්වෙන අගයයි ගත යුත්තේ. සාමාන්‍යයෙන් rms අගය ගණනය කරන්නේ එම සංඥාවේ උපරිම අගය යම් සංඛ්‍යාවකින් බෙදීමෙනි. ධාරාවේ හැඩය අනුව මෙම බෙදන සංඛ්‍යාව වෙනස් වේ.

සයිනාකාර තරංගයක් සඳහා එය ගණනය කරගන්නේ එහි උපරිම හෙවත් කුලු ධාරා අගය (peak current - $I_P$) 1.414 න් බෙදීමෙනි. (එහෙමත් නැතිනම් කුලු ධාරා අගය 0.707 න් වැඩි කිරීමෙනි; 0.707 යනු 1.414 හි ප්‍රතිලෝම අගයයි (inverse) - එනම්, 0.707 = 1/1.414) 1.414 යනු 2 හි වර්ගමූලය නිසා, කුලු අගයක් √2 න් බෙදීමෙන් ලැබෙන බවද පොත්වල සඳහන් වේ. ධාරාවට පමණක් නොව වෝල්ටියතාව සඳහාද rms අගය ($V_{rms}$) ගණනය කළ හැකියි. එවිට කුලු වෝල්ටියතාව (peak voltage – $V_P$) 1.414 න් බෙදීමෙන් $V_{rms}$ ලැබේ. ශ්‍රී ලංකාවේ විදුලිබල මණ්ඩලයෙන් අපට ලබා දෙන ප්‍රධාන විදුලිය 230V ලෙස පවසන්නේද මෙම වෝල්ටියතාවේ rms අගයයි. ඒ අනුව එහි කුලු වෝල්ටියතා අගය (Vp) 325V පමණ විය යුතුයි නේද? එසේම විදුලි බල මණ්ඩලයෙන් ලැබෙන විදුලි සැපයුමෙහි ඇම්පියර් 40 ක් ලැබේ. මෙම ධාරාවද Irms වේ.

**සටහන**
සයිනාකාර තරංගයක් යම් මධ්‍ය අගයක් මැදි කොට උපරිම හා අවම අගයන් දෙකක් අතර ඒකාකාරව විචලනය වන හැඩයක් බව ඔබ දන්නවා. මධ්‍ය අගයේ සිට උඩු පැත්තට ඇති උපරිම ඇතිවන අගයත් යටි පැත්තට උපරිමව ඇතිවන අගයත් දෙකම එක සමාන වන අතර, එම අගයට "කුලු අගය" (peak value) යන නමද භාවිතා වෙනවා. ධාරාවක් නිරූපණය වන විට එම පීක් අගය $I_P$ වලින්ද, වෝල්ටියතාවක් නිරූපණය කිරීමේදී $V_P$ ලෙසද දැක්වේ. rms අගය $V_{rms}$ හා $I_{rms}$ ආදී ලෙස දැක්වේ. ඉහත කුඩාවට යටින් ලියන p, rms වැනි කොටස් subscript කියා හැඳින්වෙනවා. සමහර අවස්ථාවල පීක් යන්න හැඟවීමට p වෙනුවට pk යන්නද සබ්ස්ක්‍රිප්ට් එකක් ලෙස යෙදේ. උඩු පැත්තේ පීක් එකේ සිට යටි පැත්තේ පීක් එක දක්වා උස ප්‍රමාණය peak-to-peak ලෙස හැඳින්වෙන අතර එය pp යන සබ්ස්ක්‍රිප්ට් එකෙන් දක්වනවා. පහත රූපයේ මේ සියල්ල සටහන් කර තිබෙනවා.




සයිනාකාර හැඩයකදී rms අගය ගණනය කරන්නේ එහි උපරිම අගය දෙකෙහි වර්ගමූලයෙන් බෙදීමෙන් වුවත්, වෙනත් හැඩවලදී එය වෙනස් වේ. ප්‍රචලිත නිතර අවශ්‍ය කරන හැඩයන් කිහිපයක rms අගය ගණනය කිරීම දැන් බලමු. පහත රූපයේ දැක්වෙන සෑම හැඩයකම මධ්‍ය රේඛාවට උඩින් හා යටින් සමාන පරතරයකින් පීක් පිහිටා තිබෙන බව සිහිතබා ගන්න.



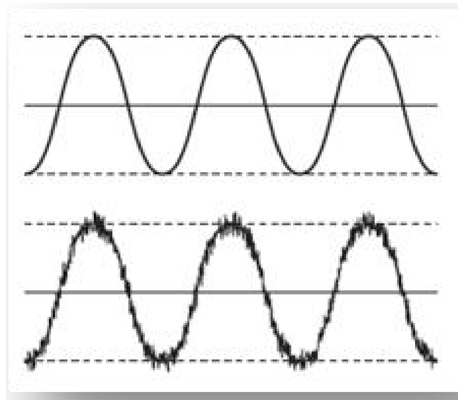

ප්‍රතිරෝධකය/සන්නායකය තුලින් වම් පැත්තේ සිට දකුණට ධාරාව ගැලුවත් දකුණේ සිට වමට ගැලුවත් තාපය උත්සර්ජනය එක ලෙසම සිදු වේ. උපමාවක් ලෙස, ඔබේ අත් දෙක අතුල්ලන විට ඒවා රත් වෙනවා නේද? ඔබ අතුල්ලන දිශාව කුමක් වුවත් ඒවා රත් වෙනවා. එමනිසා ධාරාව ගලන දිශාව අනුව rms අගය වෙනස් නොවේ. ඇත්තටම rms අගයට නිශ්චිත අර්ථ දැක්වීමක්ද තිබේ. “ප්‍රතිරෝධයක් හරහා නිත්‍ය ඒකාකාර ඩීසී විදුලියක් යැවූ විට ඇති වන තාපයට සමාන තාප ශක්තියක් උත්සර්ජනය කිරීමට සමත් විචලනය වන විදුලි ප්‍රමාණය rms විදුලිය ලෙස අර්ථ දැක්වේ.”

ධාරාව, වෝල්ටියතාව, හා ජවය යන තුනම කාලයත් සමග සයිනාකාරව හෝ වෙනත් හැඩයක් සහිතව විචලනය විය හැකියි. බොහෝවිට මේ තුනෙන් එකක් විචලනය වන විට ඉබේම අනෙක් දෙකද විචලනය වේ ( V=IR හා P=VI අනුව). එනිසා rms අගය ධාරාව හා වෝල්ටියතාව මෙන්ම ජවය සමගද නිතර යෙදේ. ඇත්තටම rms අගය යනු ‘‘සත්‍ය’’ අගය නිරූපණය කිරීමක්. කුලු අගය යනු නිමේෂයක පැවතී ඉන්පසු නැතිව යන අගයකි. දිගටම වෙනස්වන දෙයක rms අගය යනු එම වෙනස් වන දෙය වෙනස් නොවී ඒකාකාරව පවතින තත්වයට ගණිතමය ක්‍රමයෙන් පත් කර පෙන්වන අගයයි. එමනිසයි එය ‘‘සත්‍ය’’ අගය ලෙස සැලකිය හැක්කේ. ඇම්ප්ලිෆයර් එකක සත්‍ය වොට් ගණන දක්වන්නේ මෙම rms අගයෙන්ය. Peak Watt, PMPO Watt යනුවෙන්ද ඇම්ප් එකක වොට් ගණන දක්වන අතර, මේවා ‘‘සත්‍ය’’ අගයන් නොව, කුලු අගයන්ය. පාරිභෝගිකයන් රැවටීම පිණිසයි මෙවැනි කුලු අගයන් ප්‍රදර්ශනය කරන්නේ. එය උපමාවකින් කියතොත් මෙන්න මේ වගෙයි - ඔබට සාමාන්‍යයෙන් කිලෝ 5 ක පමණ බරක් ඉතා දිගු කාලයක් පුරාම ඔසවා සිටිය හැකියි; එහෙත් කිලෝ 30 ක් ඔසවාගෙන සිටිය හැක්කේ කුඩා කාලයක් තුළ පමණි. එලෙසම rms ජවය යනු දීර්ඝ කාලයක් පුරාවටම යන්ත්‍රය විසින් උත්සර්ජනය කළ හැකි ශක්ති ප්‍රමාණයයි; peak power යනු ඉතා කෙටි කාලයකට පමණක් උත්සර්ජනය කරන ශක්ති ප්‍රමාණයකි. දිගටම පීක් ජවය පවත්වාගෙන ගියොත් අනිවාර්යෙන්ම යන්ත්‍රය පිලිස්සී යයි.

# ප්‍රතිරෝධක මාදිලි

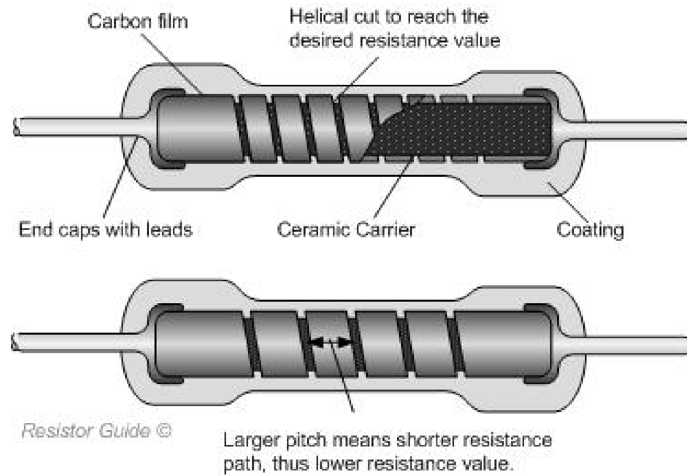
ප්‍රතිරෝධක විවිධ ද්‍රව්‍ය හා තාක්ෂණික ක්‍රම උපයෝගී කරගෙන සාදනවා. එලෙස අදටත් දක්නට ලැබෙන ප්‍රතිරෝධක මාදිලි දැන් හඳුනාගමු. Carbon composition resistor, Carbon film resistor, Wirewound resistor, Metal film resistor ආදී නම්වලින් ඒවා හැඳින්වේ. මේ එක් එක් වර්ගයෙහි සුවිශේෂිතා තිබේ. එක් එක් අවශ්‍යතාව සඳහා සුදුසු මාදිලිය තීරණය කළ යුතුය.

මේ අතරින් ඉතාම ලාභදායි හා කොලිටිය අඩුම ප්‍රතිරෝධක වර්ගය නම් කාබන් කොම්පොසිෂන් රෙසිස්ටර් වේ. මේවා සෑදීමට කාබන් කුඩු භාවිතා වේ. කාබන් කුඩු යම් ගම් එකක් සමග මුසු කොට කුඩා කාබන් සිලින්ඩරයක් (සිගරට් කොටයක් වැනි) ලෙස සාදනවා. මෙම සිලින්ඩරයේ ප්‍රමාණය අඩු වැඩි කොට තමයි අවශ්‍ය ඕම් ගණන සකසා ගන්නේ. ඉතා රළු භාවිතාව සඳහා මේවා උචිතය. විශේෂයෙන් විශාල විදුලි ධාරාවක් ගලන විට හෝ "විශාල ධාරාවක් කුඩා කාලයක් තුළ ගලන" විට (මෙය කරන්ට් pulse හෝ surge එකක් ලෙස හැඳින් වේ) මෙම කාබන් කොම්පොසිෂන් වර්ගය භාවිතා කළ හැකියි. මේවායේ ප්‍රතිරෝධක අගය කාලයත් සමග මෙන්ම තාපයට විශාල වශයෙන් වෙනස්වේ. පාස්සන විටද අගය සැලකිය යුතු මට්ටමකින් වෙනස් වේ. විදුලි සංඥාවක් මෙවැනි ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා ගලන විට, එම සංඥාවේ සියුම් වෙනස්කම්ද ඇති වේ. සංඥාවේ එවැනි සියුම් විකෘති ඇතිවීම noise ලෙස හැඳින් වේ. (විවිධාකාරයේ නොයිස් ගැන පසු පාඩමක විස්තර කෙරේ.) ඇත්තෙන්ම මෙම වර්ගය පමණක් නොව, බොහෝ රෙසිස්ටර් වර්ග මෙලෙස සංඥාවට නොයිස් (ඝෝෂාව) යම් යම් ප්‍රමාණවලින් එකතු කරයි. එහෙත් කාබන් රෙසිස්ටර්වල විශාල නොයිස් එකක් තිබේ. මේ හේතුව නිසා මෙවැනි රෙසිස්ටර් විදුලි සංඥා ගමන් කරන මාර්ගවල (path) යොදා නොගත යුතුයි. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ සිග්නල් එකක් හා එම සිග්නල් එක නොයිස් සමග ඇති විට දිස්වන ආකාරයයි.



කාබන් ෆිල්ම් රෙසිස්ටර් සාදන්නේද කාබන්වලින්ය. එහෙත් කාබන් කොම්පොසිෂන් වර්ගයට වඩා මෙහිදී එය නිපදවන ක්‍රමය වෙනස්ය. මෙහිදී යම් සිහින් පරිවාරක සිලින්ඩරයක් වටා කාබන් තීරුවක් ආලේප කරනවා (බිත්තියක තීන්ත ගානවා වගේ). "ෆිල්ම්" යන නම ලැබී ඇත්තේද මේ හේතුව නිසාය (සිහින් අලේපනයකට ඉංග්‍රිසියෙන් කියන්නේ "ෆිල්ම්" කියාය; සිංහලෙන් සිවිය කියා කිව හැකිය). සාමාන්‍යයෙන් එම කාබන් සිවිය පහත රූපයේ ආකාරයට හේලික්සීයවයි (සර්පිලාකාරවයි) පරිවාරක සිලින්ඩරය මත අලේප කරන්නේ. එම සිවියේ (ෆිල්ම් එකේ) ඝනකම හා සර්පිල පටියේ මහත වෙනස් කිරීමෙන් අවශ්‍ය ඕම් ගණන ඉතා නිවැරදිව සකසා ගත හැකියි. එනිසා මෙවැනි කාබන් ෆිල්ම් රෙසිස්ටර්වල ටොලරන්ස් අගය ඉතා කුඩාය (ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධකයේ අගය වඩා නිවැරදිය). මේවා ඉතා ඉහල වෝල්ටියතා යෙදෙන අවස්ථාවල භාවිතා කෙරේ. එහෙත් මෙහි ප්‍රධාන දුර්වලකමක් ඇත. එනම්, සර්පිලාකාර පටි ලෙස කාබන් සන්නායක කොටස් කුඩා පරතර සහිතව පවතින නිසා, ඒවා අතර ධාරිතාවන් පවතී (ධාරිත්‍රකයක් යනු පරිවාරයකයකින් වෙන්වන ආරෝපණ පවතින අවස්ථාවකි; ඒ ගැන වැඩි විස්තර ධාරිත්‍රක පාඩමේ ඇත). එම ධාරිතාව 0.5pF පමණ අගයක් විය හැකියි. තවද, කාබන් ෆිල්ම් රෙසිස්ටරයක ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක්ද (ප්‍රේරණතාවක්) තිබේ (0.01uH සිට 1uH දක්වා). මෙහි

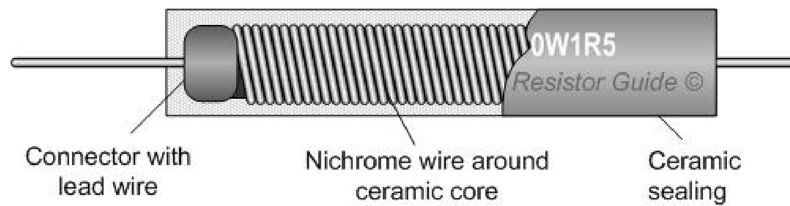
පමණක් නොව සෑම ප්‍රතිරෝධකයකම හා බොහෝ උපාංගයවල ඉතා කුඩාවට හෝ යම් ප්‍රේරණතාවක් පවතිනවා (ඊට හේතුව ප්‍රේරණතාව පාඩමේදී දැනගත හැකියි). ප්‍රතිරෝධකයක ධාරිතාවක් හෝ ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක් කිසිසේත් තිබීම සුදුසු නොවේ. එනිසා අධි සංඛ්‍යාත භාවිතාවන් සඳහා මෙවැනි ප්‍රතිරෝධක සුදුසු නොවේ. තවද, මෙටල් ෆිල්ම් ආදී මීටත් වඩා කොලිටියෙන් වැඩි ප්‍රතිරෝධකද අඩු වියදමට ලබා ගත හැකි නිසා මෙවැනි ප්‍රතිරෝධකවල වැදගත්කම අඩු වෙමින් පවතී.




මෙටල් ෆිල්ම් රෙසිස්ටර්ද බොහෝ දුරට ඉහත කාබන් ෆිල්ම් වර්ගයට සමානය. මෙහිදී කාබන් සිවියක් වෙනුවට යම් අධික ප්‍රතිරෝධී අගයක් සහිත ලෝහ සිවියක් යොදා ගැනේ. මෙය බහුලවම භාවිතා වන රෙසිස්ටර් වර්ගයක්. මේවා කාබන් ෆිල්ම් රෙසිස්ටර්වලට වඩා කොලිටියෙන් ඉහළය (අඩු ටොලරන්ස් අගයන් සහිතයි; 20ppm/K පමණට උෂ්ණත්ව සංගුණකය කුඩායි; නොයිස් ප්‍රමාණය අඩුයි). එකවර ඇතිවන වෝල්ටියතා ඉහළ යෑම් වලට (surge/pulse) හා අධික ධාරාවන්ට මේවා එතරම් ඔරොත්තු නොදේ. එනිසා කුඩා වෝල්ටියතා හා කුඩා ධාරාවන් සහිත අඩු නොයිස් මට්මටක් අවශ්‍ය කරන විදුලි සංඥා ගමන් කරන සර්කිට් සඳහා මෙම ප්‍රතිරෝධක යෝග්‍ය වේ. පුරුද්දක් ලෙස මෙවැනි රෙසිස්ටරයක් යෙදීමේදී එහි සටහන් කර ඇති වොට් ගණනින් භාගයකට අඩුවෙන් යොදන්න. ඒ කියන්නේ ඔබට අවශ්‍ය කරන්නේ වොට් එකක රෙසිස්ටරයක් නම්, වොට් දෙකක මෙටල් ෆිල්ම් රෙසිස්ටරයක් යොදන්න.

Metal oxide film resistor යනු තවත් ඉතා අනර්ඝ වර්ගයකි. මෙයද ඉහත මෙටල් (හෝ කාබන්) ෆිල්ම් වර්ගය සාදන ආකාරයටමයි නිපදවන්නේ. ටින් හෝ වෙනත් ලෝහයක ඔක්සයිඩයක් තමයි යොදා ගැනෙන්නේ. වැඩි වෝල්ටියතාවක් හා වැඩි වොට් ගණනක් සහිත අවස්ථාවල මෙම ප්‍රතිරෝධක උචිතය. උෂ්ණත්ව සංගුණකයද අඩුය (ඒ කියන්නේ උෂ්ණත්වය අනුව අගය වෙනස් වන්නේ සුලු වශයෙනි). මෙතෙක් කතා කළ සියලුම ප්‍රතිරෝධක වර්ගවලට වඩා මෙය කොලිටියෙන් ඉහළය.

වයර්වූන්ඩ් යනු තවත් සුවිශේෂී ප්‍රතිරෝධක වර්ගයක්. අධික ප්‍රතිරෝධකතාවක් සහිත නික්‍රෝම් වැනි කම්බියක් ගෙන, එය යම් පරිවාරක "දණ්ඩක්" වටා එතීමෙන් මෙය සාදා ගැනේ. මෙම ප්‍රතිරෝධකවල නිරවද්‍යතාව ඉතාම ඉහළය (එනම් ටොලරන්ස් අගය ඉතාම අඩුය). තවද, උෂ්ණත්ව සංගුණකයද ඉතාම අඩුය (5ppm/K පමණ). කාලයත් සමග ප්‍රතිරෝධී අගය වෙනස්වීම ඉතා අඩුය. එනිසා "වැඩි නිරවද්‍යතා" ප්‍රතිරෝධක (precision resistor) ලෙස මේවා යොදා ගැනේ. මේවායේ කම්බි සර්පිලාකාරව තිබෙන නිසා යම් ධාරිතාවක්ද පවතී. එවිතරක් නොවේ, කම්බි භාවිතා කරන නිසා විශාල ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක්ද මේවායේ පවතී. එනිසා අධි සංඛ්‍යාත සංඥා මෙවැනි ප්‍රතිරෝධක තුළින් ගමන් කිරීම සුදුසු නොවේ.



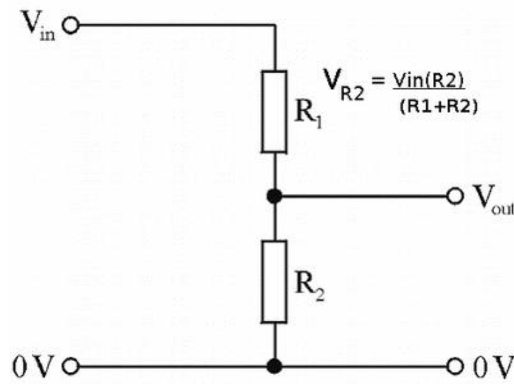

වයර්වූන්ඩ් ප්‍රතිරෝධක අධික ධාරාවන් ගමන් කරන අවස්ථාවන් වෙනුවෙන්ද නිපදවනවා. එවැනි අධික ධාරාවන් (ජවයන්) සමග වැඩ කරන ප්‍රතිරෝධක "ජව ප්‍රතිරෝධක" (power resistor) ලෙස හැඳින් වෙනවා. වොට් දහස ඉක්මවා සපෝට් කරන වයර්වූන්ඩ් පවර් රෙසිස්ටර් පවතී.

මීටත් අමතරව, තවත් ආකාරවල ප්‍රතිරෝධක තිබිය හැකියි. විශේෂිත අවශ්‍යතා හා ලක්ෂණ අවශ්‍ය කරන අවස්ථාවලට ගැලපෙන ප්‍රතිරෝධක වර්ගද තිබිය හැකියි. විදුලිය (කරන්ට් එක) පාලනය කිරීමේ අරමුණින් ප්‍රතිරෝධක යොදා ගන්නා විට, සාමාන්‍යයෙන් එය එක්කෝ ඩීසී විදුලිය හෝ හර්ට්ස් 50 වැනි ඉතා අඩු සංඛ්‍යාතයක් සහිත ඒසී විදුලියක් ඇති අවස්ථාවන්ය. එවැනි අවස්ථාවලට වයර්වූන්ඩ් හා කාබන් කොම්පොසිෂන් වර්ග වඩා යෝග්‍යයි. අධිසංඛ්‍යාත (high frequency) සංඥා සමග වැඩ කරන විට, කැපැසිටන්ස් හා ඉන්ඩක්ටන්ස් අවම හෝ නැති ප්‍රතිරෝධක යොදා ගැනීමට සිදු වේවි.

ඇත්තටම අයිඩියල් ප්‍රතිරෝධකයක තිබිය යුත්තේ ප්‍රතිරෝධකතාවක් පමණි. කැපැසිටන්ස් එකක් තිබීම කැපැසිටර් එකක වගකීම වන අතර, ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක් තිබීම ඉන්ඩක්ටර් එකක වගකීම වේ. ඉතිං යම් කැපැසිටන්ස් එකක් හෝ ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක් ප්‍රතිරෝධකයක තිබීම අහිතකර අනවශ්‍ය තත්වයක්. මෙවැනි අහිතකර අනවශ්‍ය කැපැසිටන්ස් හෝ ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක් "ඉබාගාතේ යන" (stray) හෙවත් "පරපෝෂිත" (parasitic) තත්වයන්ය. එනිසා, මෙවැනි ඉබාගාතේ යන කැපැසිටන්ස් stray capacitance හෝ parasitic capacitance ලෙසද, ඉබාගාතේ යන ඉන්ඩක්ටන්ස් stray inductance හෝ parasitic inductance ලෙසද හැඳින් වේ.

## විභව බෙදුම (potential divider)

ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කර ඇති ප්‍රතිරෝධක කිහිපයක් හරහා යම් ධාරාවක් ගලා යන විට, ඒ එක් එක් ප්‍රතිරෝධකය දෙපස වෝල්ටියතාවන් ඩ්‍රොප් වන බව දැන් ඔබ දන්නවා. ඕම් නියමය/KVL අනුව ඒ එක් එක් ප්‍රතිරෝධක දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටයතාවන් ගණනය කළද හැකියි. මෙම සිදුවීම තනි වැදගත් සිදුවීමක් ලෙස ගත් කළ ඊට විභව බෙදුම යන නම භාවිතා වේ. එම නම ලැබීමට හේතුව, පිටින් ලබා දෙන යම් විශාල විභවයක් (වෝල්ටයතාවක්) කුඩා වෝල්ටියතාවකට (හෝ වෝල්ටියතා කිහිපයකට) බෙදීමයි/කැඩීමයි. ට්‍රාන්සිස්ටර් බයස් කිරීම වැනි පරිපථවල නිතරම මෙවැනි විභව බෙදුම් යොදා ගන්නවා. පහත රූපය බලන්න. එහි $V_{in}$ යන විශාල විභවය R1, R2 යන ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කර ඇති ප්‍රතිරෝධක දෙකට සපයා ඇත. එවිට, එම ප්‍රතිරෝධක දෙක දෙපස කුඩා විභවයන් දෙකක් ඩ්‍රොප් වේ. මෙහි යටම වයර් එක ග්‍රවුන්ඩ් හෙවත් 0V ලයින් එක වේ. එම වයර් එකට සාපේක්ෂව යට රෙසිස්ටර් එකේ උඩ පින් එකේ (හෙවත් රෙසිස්ටර් දෙකේ මැද) පවතින වෝල්ටියතාව $V_{out}$ ලෙස සටහන් කර ඇත.




උදාහරණයක් බලමු. ඉහත පරිපථයේ Vin = 12V නම්, R1=R2=10k නම්, Vout ගණනය කරමු. මෙය ඇත්තටම ගණනය කිරීම ඉතාම පහසුය. රෙසිස්ටර් දෙකක් පමණක් තිබෙන නිසා, භාහිරින් යොදන 12 වෝල්ටියතාව අනිවාර්යෙන්ම මෙම ප්‍රතිරෝධක දෙකට බෙදී යයි. නිකමට හෝ ප්‍රතිරෝධක තුනක් තිබේ නම්, එම භාහිර වෝල්ටියතාව එම රෙසිස්ටර් තුන අතරේ බෙදී යයි. ඒ ආදී වශයෙන් තිබෙන රෙසිස්ටර් අතර භාහිර වෝල්ටියතාව බෙදී යා යුතුය. (මෙම ක්‍රියාවලිය KVL ලෙස හැඳින් වූ බව මතකද?) දැන් ප්‍රශ්නය වන්නේ ඒ ඒ රෙසිස්ටර් අතර කුමන අනුපාතයකට භාහිර විශාල සැපයුම් වෝල්ටියතාව බෙදී යා යුතුද යන්නයි. එම අනුපාතය තීරණය වන්නේ රෙසිස්ටර්වල තිබෙන ඕම් අගයන් අනුවයි. ඉහත උදාහරණයේ රෙසිස්ටර් දෙකේ අගයන් සමානය. එමනිසා සමානව වෝල්ටියතාව බෙදී යා යුතුය. ඒ කියන්නේ R1 දෙපස 6V ද, R2 දෙපසද 6V ද ඩ්‍රොප් වේ. එම රෙසිස්ටර් දෙකේ අගයන් සමාන නොවී, R1=1K හා R2=2K ලෙස පැවතියා නම්, වෝල්ටියතාව බෙදෙන්නේ එකට දෙක (1:2) අනුපාතයෙනි. ඒ කියන්නේ R1 දෙපස 4V ක්ද, R2 දෙපස 8V ක්ද ලෙසයි. ඒ ආකාරයට පහසුවෙන්ම වෝල්ටියතාව ගණනය කරන්නට හැකියි එවැනි සරල පහසුවෙන්ම සුලු කළ හැකි අනුපාතයක් පවතී නම්. එකවර නිවැරදිව අනුපාතය සිතා ගැනීමට හෝ අනුපාතය සරල වුවත් පහසුවෙන් ගණන සෑදීමට අපහසු අවස්ථා එමට තිබේ. පහසු හෝ අපහසු හෝ මේ ඕනෑම අවස්ථාවකදී විභව බෙදුමක වෝල්ටියතාවන් බෙදී යන ප්‍රමාණයන් ගණනය කිරීමට සරල සූත්‍රයක් ඇත. ඉහත රූපයේම එය දැක් වේ.

$V_{R2} = V_{in} \times (R_2/(R_1+R_2))$

මෙම සූත්‍රය පහසුවෙන්ම මතක තබා ගත හැකියි. එහි භාග සංඛ්‍යාවේ යට කොටසට (හරය) සියලු ප්‍රතිරෝධකවල අගයන්ගේ එකතුව ඇත. උඩ ඇත්තේ සලකා බලන රෙසිස්ටර් එකේ අගයයි. ඉන්පසු එම භාගය භාහිරින් ලබා දෙන වෝල්ටිතාවෙන් වැඩි කළ යුතුයි. රෙසිස්ටර් ඕනෑම ගණනක් සහිත අවස්ථාවකට වුවද එම සූත්‍රය දැන් පහසුවෙන්ම ගොඩනැඟිය හැකියි නේද? අභ්‍යාසයක් විදියට එක ගණනක් සාදමු. වෝල්ට් 36 කින් වෝල්ට් 12 ක් ලබා ගැනීමට අවශ්‍ය නම්, ඉහත රූපයේ දැක්වෙන විභව බෙදුම් පරිපථයේ R1, R2 ප්‍රතිරෝධක දෙකට යෙදිය යුතු අගයන් මොනවාද?

$Vout = Vin (R2/(R1+R2)) \rightarrow 12 = 36(R2/(R1+R2)) \rightarrow 12/36 = R1/(R1+R2)$

$36/12 = (R1+R2)/R2 \rightarrow 4 = (R1+R2)/R2 \rightarrow 4(R2) = (R1+R2) \rightarrow 3(R2) = (R1)$

ඉහත ක්‍රමාණුකූලව කරපු ගණනය කිරීමෙන් අවසානයට ලැබුණේ 3(R2) = (R1) යන සම්බන්ධතාව හෙවත් අනුපාතයයි. එයින් කියන්නේ R2 හි අගය මෙන් තුන් ගුණයක අගයක් R1 ට යෙදිය යුතු බවයි. උදාරහණයක් ලෙස, R2 = 2k නම්, R1 = 3 x 2k = 6k වේ.

දැන් අලුත් ප්‍රශ්නයක් පැන නඟිනු ඇත. එනම්, R1 හි අගය R2 අනුව ගණනය කළ හැකි වුවත්, R1 හි අගය තීරණය කරන්නේ කොහොමද යන්නයි. ඇත්තටම ඔබ එය කොහොම තීරණය කළත් එම රෙසිස්ටර් දෙකෙහි අගයන්ගේ අනුපාත ඉහත ආකාරයට 3:1 අනුපාතයෙන් තබන්නේ නම්, හැමවිටම අපට අවශ්‍ය කළ පරිදිම R2 රෙසිස්ටරයෙන් වෝල්ට් 12 ක් ලැබේ. ඒ කියන්නේ ඉහත 6k හා 2k වෙනුවට 600k හා 200k හෝ 300k හා 100k හෝ වුවද යෙදිය හැකියි.

ඇත්තටම යොදන රෙසිස්ටර්වල අගයන්ගේ කිසිදු බලපෑමක් නැතිද? ගණනය කර ලබා ගත් අනුපාතයට අනුව එම අගයන් එකිනෙකට සාපේක්ෂව පවත්වා ගන්නේ නම්, ඇත්තටම "වෝල්ටියතාවට" කිසිදු බලපෑමක් ඇති නොවේ. බලපෑම ඇති වන්නේ ඒ හරහා ගලන ධාරාවට පමණි. ඔබ දන්නවා විදුලියක්/ධාරාවක් ගලා යන පරිපථයක ප්‍රතිරෝධ අගයන් වෙනස් කිරීමෙන් ධාරාවේ අගය වෙනස් වෙනවා. මෙය තවදුරටත් පැහැදිලි කර ගැනීමට නැවත එම උදාහරණයම සලකා බලමු. Vin = 36V, R1=6k, R2=2k ලෙස ගනිමු. 36 වෝල්ටියතාව රෙසිස්ටර් දෙක වටා පවතී. එනිසා, එම රෙසිස්ටර් දෙක හරහා යම් ධාරාවක් ගලා යයි. එම ධාරා ප්‍රමාණය V=IR යන ඕම් නියමය අනුව පහසුවෙන්ම ගණනය කළ හැකියි.

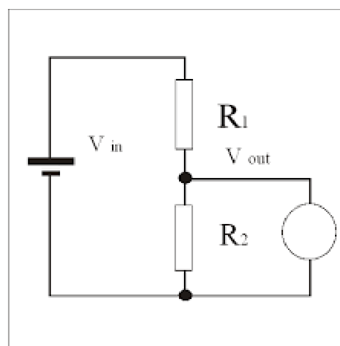
V = IR → Vin = I (R1+R2) → 36 = I (6000+2000) = I (8000)

I = 36/8000 = 0.0045 Amp = 4.5 milliAmpere

එනම්, පරිපථය හරහා මිලිඇම්පියර් 4.5 ක් ගලා යයි. ඉහත ප්‍රතිරෝධක දෙකෙහි අනුපාත එලෙසම තබාගෙන අගයන් දස ගුණයකින් අඩු කළ විට (එනම්, R1=600ohm, R2=200ohm), ධාරාව දස ගුණයකින් වැඩි විය යුතු නිසා, එය මිලිඇම්පියර් 45 ක් ලෙස ලැබේ (අවශ්‍ය නම් ඉහත ආකාරයට එය ගණනය කර බලන්න).

මෙම පරිපථය හරිම සරලයි වගේම හරිම රැවටිලිකාරයි. ඉහත විස්තරය ඉගෙන ගත් පසු, ඔබට ඉබේම දැනෙනවා වැඩි වෝල්ටියතාවකින් අඩු වෝල්ටියතාවක් ලබා ගැනීමට ඉතාම පහසුම හා හොඳම ක්‍රමය විභව බෙදුම් පරිපථය කියා. උදාහරණයක් ලෙස 24V කින් වෝල්ට් 3 ක් හෝ 6 ක් හෝ 12 ක් හෝ වෙනත් ඕනෑම ගණනක් ඉතා පහසුවෙන්ම මෙම ක්‍රමයෙන් සාදා ගත හැකියි නේද? එසේ සිතුනා නම් ඔබට වැරදිලා. එච්චරට පහසුවෙන් මෙම පරිපථය ප්‍රයෝජනයට ගත නොහැකියි. ඒ ගැන දැන් විමසා බලමු.

විභව බෙදුම් පරිපථයක් ප්‍රයෝජනයට ගන්නා ආකාරය හැමවිටම පහත රූපයේ ආකාරයට වේ. පිටින් ලබා දෙන Vin විභවය, රවුමින් පෙන්වා තිබෙන (මෝටරය, බල්බය, ට්‍රාන්සිස්ටරය ආදී) උපකරණයට/උපාංගයට අවශ්‍ය කරන වෝල්ට් ගණනට වඩා වැඩි නිසා, එය R1, R2 යන විභව බෙදුමක් මඟින් ඊට අවශ්‍ය කරන වෝල්ට් ප්‍රමාණයට කුඩා කර ගනී. ඉන්පසු R2 දෙපස අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට තිබෙන (කුඩා) වෝල්ටියතාව එම උපකරණයට/උපාංගයට නව "බැටරියක්" (වෝල්ටියතා ප්‍රභවයක්) ලෙස ක්‍රියා කරනවා. එහෙත් මෙම උපක්‍රමය සාර්ථක වීමට නම් එක් කොන්දේසියක් **අනිවාර්යෙන්ම** සැපිරිය යුතු වෙනවාමයි. එය නම්, උපකරණයේ/උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධී අගය අනිවාර්යෙන්ම R2 හි ප්‍රතිරෝධී අගයට වඩා අඩුම වශයෙන් දස ගුණයකින්වත් වැඩි විය යුතුය. මෙයද එක්තරා විදියක 10% රීතියකි. එය විසි ගුණය, සිය ගුණය, දහස් ගුණය ආදී ලෙස තව තවත් වැඩි වන තරමට තව තවත් සාර්ථකව ක්‍රියාත්මක වේ.




ඉහත කොන්දේසිය පැනවීමට හේතුව සිතා ගත හැකිද? එය ඔබ මීට පෙර උගත් සමාන්තරගත ප්‍රතිරෝධ සම්බන්ධතාවට සම්බන්ධ කාරණාවකි. එය දෙවිධියකට පැහැදිලි කළ හැකියි. විභව බෙදුම් පරිපථයට බාහිර උපකරණයක් (රවුමින් පෙන්වා ඇති පරිදි) සම්බන්ධ කර නැති අවස්ථාවේදී කිසිදු ගැටලුවක් නැතිව පරිපූර්ණව විභව බෙදුම ක්‍රියාත්මක වේ. එහෙත් පරිපූර්ණව එය තිබුණාට

ප්‍රයෝජනයක් නැහැ මොකද එම අඩු වෝල්ටියතාවෙන් ප්‍රයෝජනයක් ගැනීමට කිසිදු උපකරණයක් තවමත් ඊට සම්බන්ධ කර නැති නිසා. ඉතිං ඉන් නිසි ප්‍රයෝජන ගැනීමට උපකරණයක් පෙන්වා ඇති පරිදි සම්බන්ධ කළ විගසම එම විභව බෙදුම පරිපූර්ණ බවින් ඉවත්ව දෝෂ ඇති කරනවා. ඒ ඇයි?

භාහිරින් සම්බන්ධ කරන උපකරණයද සර්කිට් එකට දැනෙන්නේ තවත් ප්‍රතිරෝධයක් (භාර ප්‍රතිරෝධය) ලෙස බව ඔබ දැන් ඉගෙන තිබෙනවා. ඉතිං එම භාර ප්‍රතිරෝධය R2 ප්‍රතිරෝධය සමග සමාන්තරගත සම්බන්ධතාවක් අලුතින් ඇති කර ගන්නවා. එවිට සිදු වන දේ සිතා බලන්න. එම ප්‍රතිරෝධක දෙකේ අගයන් දෙකේ සමක ප්‍රතිරෝධය (තනි ප්‍රතිරෝධී අගය) තමයි දැන් සැලකීමට සිදු වන්නේ, තනියෙන් R2 පමණක් සලකන්නේ නැතිව. ඒ කියන්නේ තවදුරටත් R1 ට යටින් තිබෙන්නේ හුදෙක්ම මුලින් තිබූ R2 ප්‍රතිරෝධය නොව, R2 හා උපකරණයේ භාර ප්‍රතිරෝධය යන දෙකෙහි සමක ප්‍රතිරෝධයයි. එවිට, මුලින් තිබූ අනුපාතය දැන් වෙනස්වී, අප නොසිතූ විකෘති වෝල්ටියතාවන් දෙකක් තමයි ඩ්‍රොප් වන්නේ. උදාරහණයක් ලෙස, මුලින් තිබුණේ 1:1 අනුපාතය නම්, Vin=12V නම්, මුලින් අනුපාතයට අනුව වෝල්ට් 6 ක් R2 දෙපස ඩ්‍රොප් වේ. එහෙත් ඔබ සවි කරන උපකරණයේ භාර ප්‍රතිරෝධයද R2 ට සමානයි නම්, එම (R2 හා භාර ප්‍රතිරෝධය යන) දෙකෙහි සමක ප්‍රතිරෝධය R2 න් අඩක් බවට පත් වේ (සමාන අගයන් දෙකක් සමාන්තරගතව සම්බන්ධ වන විට, අගය අඩක් වන බව මතක තබා ගන්න; එය 1/Rt = 1/R1 + 1/R2 යන සූත්‍රයෙන් ලැබෙන ප්‍රතිඵලයකි). එවිට මුලින් තිබූ 1:1 අනුපාතය දැන් 1:0.5 හෙවත් 2:1 අනුපාතය බවට පත් වේ. ඒ කියන්නේ දැන් R2 දෙපස ඩ්‍රොප් වන්නේ වෝල්ට් 4 කි. මෙය මාර ප්‍රශ්නයකි. උපකරණයට වෝල්ට් 6 ක් අවශ්‍ය නිසානේ අප වෝල්ට් 6 ක් ලබා ගැනීමට මුලින්ම විභව බෙදුම සැලසුම් කළේ. නිවැරදිව ගණනය කර සාදාගත් විභව බෙදුමට උපකරණය සවි කළ ගමන්ම ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි ඊට ලැබෙන්නේ අප බලාපොරොත්තු වූ වෝල්ටියතාව නොවේ.

දෙවැනි ආකාරයට ඉහත ප්‍රශ්නය පැහැදිලි කළ හැක්කේ මෙසේය. භාහිරින් උපකරණයක් සවි කර නොමැති විට, බැටරියෙන් ලබා ගන්නා මුලු ධාරාව සම්පූර්ණයෙන්ම ප්‍රතිරෝධ දෙක හරහා පමණක් ගමන් කර නැවත බැටරියට ඇතුලු වේ. එහෙත් භාහිරින් උපකරණයක් සවි කළ විට, එම ධාරාවෙන් කොටසක් අලුතින් සවි කළ උපකරණය හරහාද යා යුතුය. ඒ කියන්නේ R1 හරහා ගලා ආ ධාරාවේ කොටසක් R2 හරහාද අනෙක් කොටස උපකරණය හරහාද බෙදී යයි. මේ නිසා R2 හරහා දැන් ගමන් කරන්නේ මුලින් ගමන් කළ ප්‍රමාණයට වඩා අඩු ධාරා ප්‍රමාණයකි. V=IR අනුව, I අඩු වූ නිසා, එය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාවද සමානුපාතිකව අඩු වේ.

ඉතිං මෙම ගැටලුවට විසඳුම තමයි, භාහිර උපකරණයට ගමන් කරන ධාරා ප්‍රමාණය ඉතා අඩු කිරීම (අඩුම තරමින් R2 හරහා ගිය ධාරාවෙන් 10%කට අඩුවෙන්). ධාරාව අඩුවෙන් ගැනීමට නම්, එහි ප්‍රතිරෝධය වැඩි විය යුතුයි නේද? ඒකම තමයි ඉහත සඳහන් කළේ (කොන්දේසිය විදියට) උපකරණයේ (භාර) ප්‍රතිරෝධය අඩුම තරමින් R2 මෙන් දස ගුණයක් වත් වැඩි විය යුතු කියා. දැන් ඔබට කාරණාව පැහැදිලි විය යුතුය. එවිට, R2 හා භාර ප්‍රතිරෝධය යන දෙකෙහි සමක ප්‍රතිරෝධය 10% රීතිය අනුව සිතා බලන්න. භාර ප්‍රතිරෝධය R2 මෙන් අවම වශයෙන් 10 ගුණයක් විශාල නිසා භාර ප්‍රතිරෝධය නොසලකා හැරිය හැකියි නේද? එහි ඇති රැවටිලිකාර ස්වභාවයට හසුවුවොත් ඔබේ පරිපථය අනිවාර්යෙන්ම ක්‍රියා නොකරන බවට කිසිදු සැකයක් නැත.

විභව බෙදුම් පරිපථයක් බොහෝවිට ඉහත රූපයේ ආකාරයෙන්ම පැහැදිලිව දර්ශනය නොවී (සැඟව) තිබීමටත් පුලුවන්. විශේෂයෙන් ට්‍රාන්සිස්ටර පරිපථවල මෙය සිදු වේ. ට්‍රාන්සිස්ටර්වල පෙර නැඹුරු ඩයෝඩයේ/ජන්ක්ෂන් එකේ පවතින්නේ ඉතාම අඩු ඕම්ස් ගණනක් නිසා, එය බයස් කරන කොටස සමග නිතරම වාගේ ඉහත ගැටලුව ඇති කර ගන්නවා (මේ ගැන තවමත් වැටහීමක් නැතිනම්, කනස්සලු නොවන්න; ට්‍රාන්සිස්ටර පාඩම්වලදී ඒ ගැන පැහැදිලි කෙරේවි). ඒ ඒ අවස්ථාවල මා ඒවා පෙන්වා දීමට උත්සහ කරන්නම් (ඉදිරියේ එන පාඩම්වල). එනිසා, ඉහත කරුණු ඉතා හොඳින් මතක තබා ගත යුතුමයි ඔබේම පරිපථ නිර්මාණය (circuit design) කරන විට.

## සර්කිට් ලෝඩිං

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල විදුලිය හැමවිටම දෙයාකාරයකින් භාවිතා වෙන බව ඔබ දැන් දන්නවා. එකක් නම් විදුලි සංඥා ලෙසයි; අනෙක උපකරණ හා ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග ක්‍රියාකරවීමට අවශ්‍ය (විදුලි) බල ශක්තියක් ලෙසයි. දෙයාකාරයකින් සලකා බැලුවත් මේ ආකාර දෙකෙහිම විදුලිය ගැන කතා කිරීමේදී වෝල්ටියතාව (V), ධාරාව (I), හා ජවය (P) යන තුන පමණයි තිබෙන්නේ. මේ තුන අතර හැමවිටම අවියෝජනීය සබඳතාවක් තිබෙනවා P=VI ලෙස. ඒ කියන්නේ මේ තුනෙන් යම් රාශියක්/ගුණයක් යම් තැනක තිබේද, එතැන අනිවාර්යෙන්ම අනෙක් රාශි/ගුණ දෙකද තිබේ (ධාරා විදුලියේදී). ඉතිං පරිපථ සැදීමේදී හා විශ්ලේෂණයේදී මේ තුනෙන් කුමක් සලකාගෙන එය සිදු කළත් කිසිදු වෙනසක් නැහැ නේද? උපමාවකින් දක්වතොත්, කෙනෙකුගේ උපන්දිනය හා වයස වැනිය. එකක් දන්නේ නම්, නිකංම අනෙක දත හැකියි. ඉතිං දෙකෙන් එකක් පමණක් තිබීම සෑහෙනවා නේද?

සැබෑ න්‍යායාත්මක (ගණිතමය) තත්වය එසේ වුවත්, ප්‍රායෝගිකව අපට එහි වෙනස්කම් ඇත. පරිපථවල සමහර තැන්වල අප සැලකිලිමත් වන්නේ වෝල්ටියතාව ගැන පමණි (ධාරාව ගැන කිසිදු හැඟීමක් නැති අවස්ථා පවා තිබෙනවා); තවත් පරිපථ කොටස්වල ධාරාව ගැන පමණි; තවත් තැනක ජවය ගැනයි. මීට ප්‍රධාන හේතුව විශ්ලේෂණ කිරීමේ හා ගණන් සෑදීමේ පහසුවයි. සමහර ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග සංවේදී වන්නේ වෝල්ටියතාවට පමණි (උදාරහණයක් වශයෙන් FET transistor). තවත් උපාංග ධාරාවට සංවේදියි (උදාරහණයක් ලෙස BJT transistor). තවත් උපාංග ජවයට සංවේදියි (ඇන්ටනා). ඉතිං එවැනි අවස්ථාවල එම උපාංග යොදන විට, එය සංවේදී වන හෙවත් එය ප්‍රමුඛව ක්‍රියාත්මක වන රාශියයි අප යොදා ගන්නේ. ඒ කියන්නේ ෆෙට් ට්‍රාන්සිස්ටරයක් පරිපථයකට යොදන විට, මූලිකව ඊට යෙදිය යුතු වෝල්ටියතා ප්‍රමාණයන් සෙට් කිරීම මිසක් ධාරා ප්‍රමාණය හෝ වොට් ප්‍රමාණය ගැන එතරම් සලකන්නේ නැත. අච්චර වෝල්ට් ගාණක් දී එය ඔන් කරන්න, මෙච්චර වෝල්ට් ගාණක් දී එය ඕෆ් කරන්න ආදී ලෙසයි එවිට සිතන්නේ.

සෑම සරල හෝ අති සංකීර්ණ සර්කිට් එකක වුවද සිදු වන්නේ එක් දෙයකි. එනම්, විදුලි සංඥාවක් යම් යම් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග රාශියක් හරහා ගමන් කරවයි; එසේ ගමන් කරවන අතර එම සංඥාවට කුමන හෝ වෙනස්කමක් සිදු කරයි; අවසන් ප්‍රතිඵලය වන්නේ එසේ පොඩ්ඩ පොඩ්ඩ වෙනස්කම්වලට භාජනය වූ සංඥාව එලියට දැමීමයි. ඉතිං මේ සෑම අවස්ථාවකදීම යම් උපාංගයකින් විදුලිය (එනම් විදුලි සංඥාව) ලබා ගන්නේ තවත් උපාංගයකින්ය. මෙලෙස පරිපථයක ඇති ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග අතරින් එකිනෙකට සෘජුවම සම්බන්ධ ඕනෑම උපාංග දෙකක් සලකන්න. එම උපාංග දෙක එකිනෙකට සම්බනධව ඇත්තේ එක්කෝ ශ්‍රේණිගතවයි; නැතහොත් සමාන්තරගතවයි.

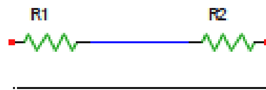
**ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධව ඇති විටක, හැමවිටම වාගේ වෝල්ටියතාව තමයි ධාරාව හා ජවයට වඩා ප්‍රමුඛ වන්නේ ගණනය කිරීම් හා විශ්ලේෂණවලදී. සමාන්තරගත සම්බන්ධයක් නම්, ධාරාව තමයි අනෙක් දෙකට වඩා ප්‍රමුඛ වන්නේ.**

ඇත්තටම, රාශිය වෝල්ටියතාව හෝ ධාරාව හෝ ජවය යන තුනෙන් කුමක් වුවත්, සලකා බලනු ලබන රාශියට එක දෙයක් සිදුවිය යුතුය. එනම්, විදුලි සංඥාවේ සලකා බලන රාශිය යම් උපාංගයකින් අනෙක් උපාංගය වෙතට ලබා දීමේදී එම රාශියෙන් හැකි උපරිම ප්‍රමාණයක් ඊට ලබා දිය (output) යුතුය. උදාහරණයක් ලෙස, සලකා බලන රාශිය වෝල්ටියතාව ලෙස ගමු. ඒ කියන්නේ දැන් සංඥාවේ වෝල්ටියතාව ගැනයි වැඩිපුර සැලකිලිමත් වන්නට තිබෙන්නේ. ඉතිං, යම් උපාංගයකින් පිටවන සංඥාව (සංඥාවේ වෝල්ටියතාව) අනෙක් උපාංගය තුළට ගමන් කරන විට, එම සංඥාවේ වෝල්ට් ප්‍රමාණය අඩු හෝ හානි නොකර පුලුවන් තරම් උපරිම ප්‍රමාණයක් පිට කිරීමට (එනම්, දෙවැනි උපාංගය විසින් හැකි තරම් වැඩි වෝල්ටියතාවක් පළමු උපාංගයෙන් ලබා ගැනීමට) වගබලා ගත යුතුය.

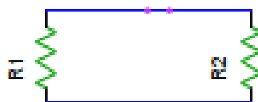
එක් එක් විදුලිමය රාශියක් ගැන දැන් බලමු. ඉන් වෝල්ටියතාව බලපාන අයුරු පළමුව බලමු. ඇත්තටම මෙතෙක් ඔබ විභව බෙදුම කියා ඉගෙන ගෙන තිබෙන්නේද එය තමයි. එනම් සංඥාව ගමන් කරන විට, එක් එක් උපාංගයක් (භාර) ප්‍රතිරෝධක ලෙස කල්පනා කරන්න. ඉන් එක් උපාංගයකින් අනෙක්

උපාංගයට වැඩිපුර වෝල්ටියතාවක් ඩ්‍රොප් වන ලෙසට එම ප්‍රතිරෝධක අගයන් සෙට් කරන්න. ඒ කියන්නේ, දෙවැනි ප්‍රතිරෝධකය (එනම්, දෙවැනි උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධ අගය) පළමු ප්‍රතිරෝධයට (එනම් පළමු උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධි අගයට) වඩා හැකි පමණ විශාල කරන්න. මෙහිද 10% රීතිය යෙදිය හැකියි. ඒ කියන්නේ දෙවැනි ප්‍රතිරෝධකයේ අගය පළමු එකට වඩා අවම වශයෙන් දස ගුණයකට වැඩියෙන් තබන්න. එයම තවත් විදියකින් මෙසේද කිව හැකියි - පළමු ප්‍රතිරෝධකයේ අගය දෙවැනි ප්‍රතිරෝධකයේ අගයෙන් 10%ක් හෝ ඊට අඩු මට්ටමින් තබා ගන්න.

පහත රූපය බලන්න. මෙහි ප්‍රතිරෝධක දෙකක් ශ්‍රේණිගතව ඇත. විදුලි සංඥාව දැන් R1, R2 හරහා ගමන් කරනවා. මෙහිදී පළමු උපාංගය වන R1 වෙතින් දෙවැනි උපාංගය වන R2 වෙතට සංඥාව යන විට, හැකි උපරිම සංඥා වෝල්ටියතා ප්‍රමාණයක් R2 දෙපස ඩ්‍රොප් විය යුතුය. ඉතිං වැඩිපුර වෝල්ටියතාවක් R2 මත ඇතිවීමට නම්, R1 ට වඩා R2 විශාල අගයක් ගත යුතුයි නේද? R1=100 ohm නම්, R2= 1000 ohm වත් වීම සුදුසුය. එවිට, උදාරහණයක් ලෙස සංඥාවේ වෝල්ටියතාව 11 නම්, 1:10 අනුපාතය අනුව එම සංඥාවෙන් වෝල්ට් 10 ක් පිහිටන්නේ R2 දෙපසය. අපට අවශ්‍ය කළෙත් එයමයි නේද? එම අනුපාතය 1:100 කළේ නම් (එනම්, R1=10, R2=1000 නම්), තවත් හොඳය. එවිට R2 දෙපස වෝල්ට් 10.9 ක් ඩ්‍රොප් වෙනු ඇත. මේ ආදි ලෙස සිතා බලන්න. අප ධාරාව ගැන මෙහිදී සලකා බලන්නේ නැහැ. එහෙත් කැමති නම්, ධාරාවට සිදුවන්නේ කුමක්ද කියාද සොයා බැලිය හැකියි. ධාරාවට සිදු වන්නේ කුමක්ද? ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධයක් නිසා, ධාරාව කුමක් වුවත් එකම ධාරා ප්‍රමාණයකි මේ උපාංග දෙකෙන්ම ගමන් කරන්නේ. එහෙත් ඔබ දෙවැනි උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධය විශාල අනුපාතවලින් වැඩි කරන නිසා ධාරාවද ඊට අනුරූපවම පහළ යයි (I=V/R අනුව). එහෙත් අපට එය මෙහිදී එතරම් ප්‍රශ්නයක් නොවේ මන්ද අපට වැදගත් වන්නේ වෝල්ටියතාවයි.




දැන් අපි විමසා බලමු ධාරාව සලකා බලන්නේ කෙසේද කියා. මෙහිදීද අපගේ වගකීම වන්නේ පළමු උපකරණයෙන් පිටවන සංඥාවෙන් හැකි උපරිම ධාරා ප්‍රමාණයක් දෙවැනි උපාංගය වෙත ඇති කිරීමයි. සුලු මොහොතකට පෙරදීත් සඳහන් කළ ආකාරයට මෙහිදී අප උපාංග දෙක අතර සමාන්තරගත සම්බන්ධතාවක් තමයි සලකා බලන්නේ (පහත රූපය). මෙහිදී R1 උපාංගය තුළින් යන සංඥාවේ ධාරාව පුලුවන් තරම් වැඩි ප්‍රමාණයක් R2 උපාංගය තුළට යැවිය යුතුයි. එය කළ හැක්කේ කෙසේද? ඔබ දන්නවා ධාරාවක් වැඩි කැමැත්තක් දක්වන්නේ ප්‍රතිරෝධකතාව අඩු මාර්ගයක යෑමටයි. එය හරියට ට්‍රැෆික් අඩු පාරක යන්න වාහන පදවන අය කැමැතියි වාගේ දෙයක්. ඒ කියන්නේ R1 ට වඩා R2 හි ප්‍රතිරෝධය අඩු කළ යුතුය. මීටද 10% රීතිය යෙදිය හැකියි. ඒ කියන්නේ R1 හි ප්‍රතිරෝධයට වඩා අඩුම තරමේ 10% ක් හෝ ඊටත් වඩා කුඩා ප්‍රතිරෝධක අගයක් R2 හි තිබිය යුතුය. මෙහි විභවය ගැන තැකීමක් නැත. එහෙත් කැමති නම් ඊට කුමක් වන්නේද යන්නත් විශ්ලේෂණය කළ හැකියි. උපාංග දෙක සමාන්තරගතව තිබෙන නිසා ඒ දෙකම දෙපස ඇති වන්නේ එකම විභවයයි.




දැන් අපි සලකා බලමු අවසන් විදුලිමය රාශිය වන ජවය/ක්ෂමතාව ගැන. ජවය ගණනය කරන්නේ වෝල්ටියතාව හා ධාරාව ගුණ කිරීමෙන් (P=VI). ඉතිං මෙහිදී සිදුවිය යුත්තේ පළමු උපාංගයේ තිබෙන සංඥාවේ ක්මතාවෙන් හැකි උපරිම ප්‍රමාණයක් දෙවැනි උපාංගය වෙතට යැවීමයි. ජවය යනු වෝල්ටියතාවේ හා ධාරාවේ ගුණිතයක් නිසා, ජවය වැඩි කිරීමට එක්කෝ වෝල්ටියතාව වැඩි කළ යුතුය; නැතහොත් ධාරාව වැඩි කළ යුතුය; නැතහොත ඒ දෙකම වැඩි කළ යුතුය. ඉතිං මෙය

ප්‍රායෝගිකව සිදු කරන්නේ කෙලෙසද? සුපුරුදු ලෙස උපාංග දෙක ප්‍රතිරෝධක දෙකක් ලෙස සලකන්න. දැන් ඒ දෙක ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව සම්බනධ කර තිබේ (ජවය සැලකීමේදී ශ්‍රේණිගතද සමාන්තරගතද යන්න වැදගත් නැත; හේතුව මොහොතකින් පැහැදිලි වේවි). ඉතිං දැන් කරන්නට තිබෙන්නේ පළමු ප්‍රතිරෝධයට වඩා දෙවැනි ප්‍රතිරෝධයෙහි තිබෙන වෝල්ටියතාව හා ධාරාව වැඩි කිරීමයි. මෙන්න මෙතන තමයි ප්‍රශ්නය ඇති වන්නේ. ඊට හේතුව මෙයයි. ධාරාව වැඩි කිරීමේදී දෙවැනි ප්‍රතිරෝධයේ අගය අඩු කළ යුතු වුවද, වෝල්ටියතාව වැඩි කිරීමට දෙවැනි ප්‍රතිරෝධකයේ අගය වැඩි කළ යුතුය. ඒ දෙක එකිනෙකට පරස්පරව ක්‍රියා කරනවා.

ඉතිං දෙවැනි ප්‍රතිරෝධකය ශූන්‍යට ආසන්න කළා යැයි සිතමු. එවිට සංඥාවේ ඉතා අධික ධාරාවක් (අනන්ත ධාරාවක්) දෙවැනි ප්‍රතිරෝධකයේ තිබිය යුතුයි නේද? ධාරාව අධික වුවද, එවිට ශූන්‍ය ප්‍රතිරෝධකයක් තිබෙන තැනක V=IR අනුව වෝල්ටියතාවද ශූන්‍ය වේ (මොකද V=I x 0 = 0). එවිට, P=VI සූත්‍රය අනුව දැන් (ඕනැම අගයක් ශූන්‍යයෙන් වැඩි කළ විට පිළිතුර 0 නිසා)

P = VI → P = (ශූන්‍ය වෝල්ටියතාව) x (ධාරාව අනන්තයක්) = 0

ඉහත සිද්ධියෙහි අනෙක් අන්තය කර බලමු. ඒ කියන්නේ වෝල්ටියතාව උපරිම කිරීමට දෙවැනි ප්‍රතිරෝධය අතිවිශාල (අනන්තය) කරමු. එවිට, V=IR අනුව ප්‍රතිරෝධය අනන්තය නිසා, සංඥාවේ වෝල්ටියතාවද අනන්තයක් වේවි. එහෙත් එවිට ධාරාව ශූන්‍ය වේ. නැවතත්, සුපරුදු P=VI සූත්‍රය අනුව,

P = VI → P = (අනන්ත විභවය) x (ශූන්‍ය ධාරාව) = 0

ඒ කියන්නේ අන්ත දෙක නොව මැද තැනක තමයි ජවය උපරිමව ලැබෙන්නේ. සත්තකින්ම හරියටම මැද තමයි ගත යුත්තේ. හරියටම මැද යනු පළමු උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධය හා දෙවැනි උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධය සමාන අවස්ථාව (R1 = R2). ඇන්ටනා ආදිය සෑදීමේදී සිදු කරන්නේ මෙයයි. ඇන්ටනාවේ ප්‍රතිරෝධය (සම්භාදනය) හා ට්‍රාන්ස්මීටරයේ/රිසීවරයේ ප්‍රතිරෝධයට සමාන (match) කරයි. ඇම්ප් එකක් ස්පීකර්වලට සම්බන්ධ කරන විටත් ඇම්ප් එකේ හා ස්පීකර්වල ප්‍රතිරෝධක/සම්බාධක අගයන් සමාන විය යුතුය. ඒ කියන්නේ ඔබට අවශ්‍යයි නම් එක් උපාංගයකින් උපරිම ජවයක් අනෙක් උපාංගයට යවන්න, එම උපාංග දෙකේ ප්‍රතිරෝධ සමාන කරන්න. ශ්‍රේණිගත හා සමාන්තරගත අවස්ථා දෙකෙහිම සම සම සංකලනයක් මෙහි පවතින නිසයි, ක්ෂමතාව සැලකීමේදී ශ්‍රේණිගත සමාන්තරගත භේදය වැදගත් නොවනේ.

ඉහත පෙන්වා දුන්නේ විදුලිමය රාශි තුන සර්කිට් එකක නිවැරදිව හැසිරවිය යුත්තේ කෙසේද කියාය. ඒ සඳහන් කර ඇති කාරණා හරිහැටි පිළි නොපැද්දොත් **අනිවාර්යෙන්ම පරිපථය වැඩ නොකරයි**. උදාරහණයක් ලෙස, ශ්‍රේණිගත උපාංග දෙකක දෙවැන්නේ ප්‍රතිරෝධය පළමු එකට වඩා විශාල අනුපාතයකින් නොපැවතියොත් සංඥාව ඉතා දුර්වල වේ. මෙවැනි තත්වයක් circuit loading කියා පවසනවා. සර්කිට් ලෝඩිං සිදුවන විට සංඥාවට වැඩි දුරක් යෑමට හැකි වන්නේ නැහැ. එය හරියට කුඩා දිය පාරක් ගලා ගෙන යෑමේදී පොලොවට උරා ගැනීම නිසා දිය ක්‍රමයෙන් අතුරුදහන් වෙනවා වගේ වැඩකි. සමාන්තරගත අවස්ථාවකදීත් සර්කිට් ලෝඩ් වෙන්න පුලුවන් දෙවැන්නේ ප්‍රතිරෝධ අගය පළමු එකට වඩා වැඩි වන විට.

එනිසා සර්කිට් ලෝඩිං සිදු නොවීමට වග බලා ගන්න. සමාන්තරගත අවස්ථාවකදී දෙවැනි ප්‍රතිරෝධය පළමු ප්‍රතිරෝධයට වඩා ඉතා කුඩා කිරීමෙන්ද, ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවකදී දෙවැනි ප්‍රතිරෝධය පළමු එකට වඩා ඉතා විශාල කිරීමෙන්ද සර්කිට් ලෝඩිං වලක්වාගත හැකියි.

## විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධක

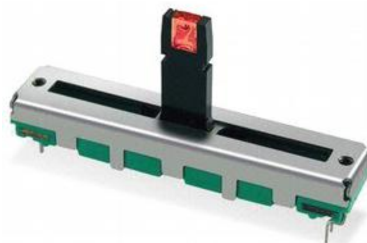
ඉහත මෙතෙක් කතා කළේ අගය නියත ප්‍රතිරෝධක (fixed resistor) ගැනයි. ඒ කියන්නේ ඔබට අවශ්‍ය අවශ්‍ය විදියට ඒවායේ අගයන් වෙනස් කළ නොහැකියි, රෙසිස්ටරය පරිපථයට සම්බන්ධ කළ පසුව. එහෙත් සමහර අවස්ථා තිබෙනවා ප්‍රතිරෝධකයේ අගය අපට කැමැති ලෙස වෙනස් කිරීමට අවශ්‍ය වන, එම ප්‍රතිරෝධකය පරිපථයට සම්බන්ධ කර තිබියදීම. එවිට, රෙසිස්ටරයට සම්බන්ධ යම් කූරක් වැනි

දෙයක් කරකැවීමෙන් ඕම් ගණන බිංදුවේ සිට 25k, 100k වැනි යම් උපරිම අගයක් දක්වා ක්‍රමයෙන් වෙනස් කර ගත හැකියි. මෙවැනි රෙසිස්ටර් පොදුවේ විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධක (variable resistor) ලෙස හැඳින් විය හැකියි. මෙහිද ප්‍රධාන වර්ග දෙකක් තිබෙනවා. එකක් potentiometer (කෙටියෙන් pot හෝ potmeter) කියා හැඳින්වෙන අතර, අනෙක preset කියා හැඳින් වෙනවා.

බහුලවම දකින්නට ලැබෙන පොටෙන්ෂියෝමීටර් එකක ඔබට ඇඟිලිවලින් පහසුවෙන්ම අගය වෙනස් කිරීමට යම් උපක්‍රමයක් ලබා දී තිබෙනවා. එය බොහෝවිට දණ්ඩකි (spindle හෝ shaft). මෙවැනි කරකවන පොට් rotary pot ලෙස හැඳින්වෙනවා. රේඩියෝවල එහෙම ශබ්දය අඩුවැඩි කිරීමට ඇඟිල්ලෙන් කරකවන වොල්‍යුම් කන්ට්‍රෝලර් එක යනු ඇත්තටම මෙවැනි ස්පින්ඩ්ල් එකක් සහිත රොටරි පොට් එකකි. ස්පින්ඩ්ල් එක නිකංම කූරකි. එයට කැමති නම් විශාල පහසුවෙන් ඇඟිල්ලෙන් කරකැවිය හැකි knob විවිධ හැඩයන්ගෙන් හා ප්‍රමාණවලින් හා වර්ණවලින් ලබා ගෙන සවි කළ හැකියි.



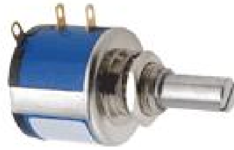
මීට අමතරව, කරකැවීම වෙනුවට තල්ලු කළ (slide) හැකි පරිදි සෑදූ පොට් ඇත. එහිදී කුඩා slider එකක් තල්ලු කිරීමෙන් ඕම් ගණන වෙනස් කළ හැකියි. පෙර සේම ස්ලයිඩර් එකට නොබ් එකක් සවි කළ හැකියි. මෙහි විවිධ දිගවල් සහිතව පවතී. බොහෝ ඊක්වලයිසර්වල තිබෙන්නේ මෙවැනි ස්ලියිඩිං වර්ගයේ පොට්ය. සමහරුන් fader ලෙසද මෙම ස්ලයිඩිං පොට් හඳුන්වනවා.



සාමාන්‍යයෙන් පොට් එකක් කරකැවිය හැක්කේ උපරිම එක් වටයකින් තුන් කාලක් (අංශක 270 හෝ 250 හෝ සමහරවිට ඊටත් වඩා අඩු) පමණ වේ. එනිසා එවැනි පොට් අවශ්‍ය නම් single-turn pot ලෙසද හැඳින්විය හැකියි. එහෙත් වට පහක් හෝ 10 ක් හෝ 20 ක් හෝ කිහිපයක් කරකැවිය හැකි පොට් (multi-turn pot) නිපදවා තිබෙනවා. මෙවැනි මල්ටිටර්න් පොට්වල ශුන්‍යයේ සිට උපරිම ඕම් ගණන දක්වා වූ ඕනෑම අගයක් ඉතා නිවැරදිව සෙට් කළ හැකියි මොකද වට කිහිපයක්ම තිබෙන බැවින් කරකවන විට අගයන් වෙනස් වන්නේ කුඩා ප්‍රමාණවලින්ය. එහෙත් සින්ගල්ටර්න් සාමාන්‍ය පොට් එකක් ගත් විට, ශුන්‍යයේ සිට උපරිම අගය දක්වා වෙනස් කිරීමට සිදුවන්නේ එක් වටයක් තුලය. එවිට, පොඩ්ඩක් කැරකුවත් අගය විශාල ලෙස වෙනස් වේ. එනිසා ඉතා නිවැරදිව අගයන් සෙට් කිරීමට තරමක් අපහසු වේ.

පොට් එකේ ස්පින්ඩ්ල් එක කරකවන විට ප්‍රතිරෝධය අගය වෙනස් වන බව ඔබ දන්නවා. ඉතා සීරුවෙන් ඉතාම පොඩ්ඩක් කරකවන විට, යම් ප්‍රමාණයකින් අගය වෙනස් වන අතර, මෙම වෙනස්වන ප්‍රමාණය resolution ලෙස හැඳින්විය හැකිය. එනම් පොට් එකක් කරකැවීමේදී වෙනස් කළ හැකි

කුඩාම අගය, රෙසලූෂන් නම් වේ. ඒ අනුව, මල්ටිටර්න් පොට් එකක රෙසලූෂන් එක ඉතාම ඉහළ අතර, සින්ගල්ටර්න් එකක රෙසලූෂන් එක අඩුය. රෙසලූෂන් වැඩිවන තරමට අගය සීරුමාරු කිරීම (adjust/fine-tune) පහසු වේ.



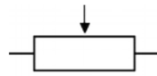
තවත් පොට් වර්ගයක් තිබෙනවා ganged potentiometer (හෝ dual gang pot) ලෙස හැඳින්වෙන. පිටතින් කරකවන්නට තිබෙන්නේ එක ස්පින්ඩ්ල් එකක් වුවද, එය තුළ එකිනෙකට වෙනස් පොට් දෙකක් තිබේ (ඒ කියන්නේ පින් 6 ක්). ස්පින්ඩ්ල් එක කරකවන විට එකම අවස්ථාවේ මෙම පොට් දෙකම වෙනස් වේ. තවද මේ ලෙසම, එකම ස්ලයිඩර් එකෙන් ප්‍රතිරෝධ දෙකක අගය වෙනස් කළ හැකි gang slider pot ලෙස හැඳින්වෙන වර්ගයක්ද ඇත.



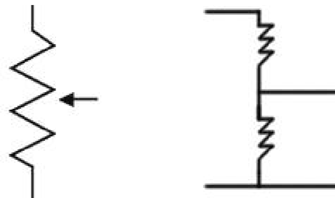
concentric pot ලෙස හැඳින්වෙන තවත් පොට් වර්ගයක් තිබෙනවා. මෙහිද ඉහත ගෑං පොට් එකේ වගේම පොට් දෙකක් එකම පැකේජය/කේස් එක තුළ තිබෙනවා. එහෙත් ගෑං පොට් එකක් මෙන් නොවේ; මෙම කොන්සෙන්ට්‍රික් පොට් එකේ තිබෙන පොට් දෙක වෙන වෙනම වෙනස් කරන්නට හැකියි. බැලූබැල්මට එක ස්පින්ඩ්ල් එකක් පෙනුනත් එතැන ස්පින්ඩ්ල් දෙකක් තිබේ (කොට මහත ස්පින්ඩ්ල් එකක් හා එහි මැද තිබෙන දිගු සිහින් ස්පින්ඩ්ල් එකක්).



සාමාන්‍ය පොට් එකක පින් තුනක් ඇත (එහෙත් එකම පැකේජය තුළ පොට් දෙකක් ඇති විට පින් 6 ක් තිබිය යුතුයි). පොට් එකක සංකේත පහත දැක්වේ.

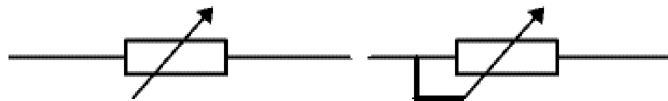
 

පින් තුනේ පොට් එකක් යනු ඇත්තෙන්ම කුඩාවට හා හුරුබුහුටියට සෑදූ විභව බෙදුම් පරිපථයකි. එහි දෙපැත්තේ පින් දෙක හා මැද පින් එක සැලකූ විට, ප්‍රතිරෝධක දෙකක් ලෙස එය සැලකිය හැකියි. සාමාන්‍ය විභව බෙදුමකට වඩා පොට් එක උසස්ය. ඊට හේතුව සාමාන්‍ය විභව බෙදුමක් ඩිසයින් කළ පසු, එහි විභවය බෙදෙන අනුපාතය නියතයකි. එහෙත් පොට් එකකදී එසේ නොවේ; මැද තිබෙන පින් එක කැරකැවීමෙන් (හෝ ස්ලියිඩ් කිරීමෙන් හෝ) එම අනුපාතය ඔබට ඕනෑම මොහොතක වෙනස් කළ හැකියි. කැරකැවීමට හෝ ඇදගෙන යෑමට (ස්ලයිඩ් කිරීමට) ඇති මැද තිබෙන පින් එක පොදුවේ wiper යනුවෙන්ද හැඳින්වෙනවා.

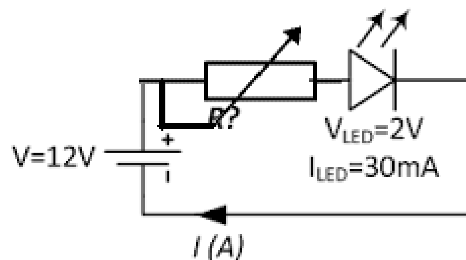


## රියෝස්ටැට්

පොට් එකේ පින් තුනම භාවිතා නොකර, වයිපර් පින් එක හා තවත් පින් එකක් පමණක් යොදා ගන්නා විට, ඊට Rheostat යන නමද භාවිතා කෙරෙනවා. ඒ අනුව, රියෝස්ටැට් එකක් යනු පින් දෙකේ විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයකි. බොහෝ විට, නොසලකා හරින පින් එක වයිපර් එකට කනෙක්ට් කරනවා. එවිට, එම අග්‍රය බැරිවෙලාවත් සර්කිට් එකට ස්පර්ශවී ඇතිවිය හැකි ප්‍රශ්න යම් පමණකට අවම කළ හැකියි. රියෝස්ටැට් එකකට පහත ආකාරයේ සංකේත ඇත (මින් එකක නොසලකා හැරපු අග්‍රය වයිපර් එකට සම්බන්ධ කරද, අනෙක එසේ සම්බන්ධ නොකරද ඇත).

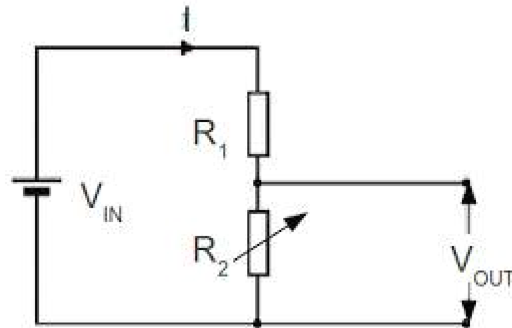


මේ අනුව රියෝස්ටැට් එකක් විභව බෙදුමක් ලෙස ක්‍රියා කරන්නේ නැත. එය හුදෙක්ම තමන්ගේ අගය වෙනස් කළ හැකි විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙස පමණක් ක්‍රියා කරයි. එය සාමාන්‍ය රෙසිස්ටරයක් ලෙසයි පරිපථයකට සම්බන්ධ කරන්නේ. එහෙත් එම රෙසිස්ටරයේ අගය කැමති කැමති විදියට වෙනස් කළ හැකියි. පහත රූපය බලන්න. මෙහි තිබෙන්නේ 1k පොට් (රියෝස්ටැට්) එකක් යැයි සිතන්න. දී ඇති දත්තයන්ට අනුව LED එකට අවශ්‍ය කරන්නේ 2V, 30mA විදුලියකි. මේ සඳහා රියෝස්ටැට් එක සකස් කළ යුතු අගය කුමක්ද? එය (12-2)/0.03 = 333ohm වේ.




සාමාන්‍ය විභව බෙදුම් පරිපථයක එක් නියත ප්‍රතිරෝධකයක් ඉවත් කොට, එතැනට රියෝස්ටැට් එකක්

ආදේශ කළ හැකියි. එමඟින් විභවය බෙදෙන අනුපාතය අපට අවශ්‍ය පරිදි සීරුමාරු කර ගත හැකියි. මෙමඟින් ලැබෙන්නේ තරමක දියුණු විභව බෙදුම් පරිපථයකි. පහත පරිපථයෙන් ඔබට Vout තමන්ට අවශ්‍ය වෝල්ටි ගණනකට සෙට් කරගත හැකියි රියෝස්ටැට් එක කරකැවීමෙන්.




## රෙසිස්ටර් ලෝ/ටේපර්

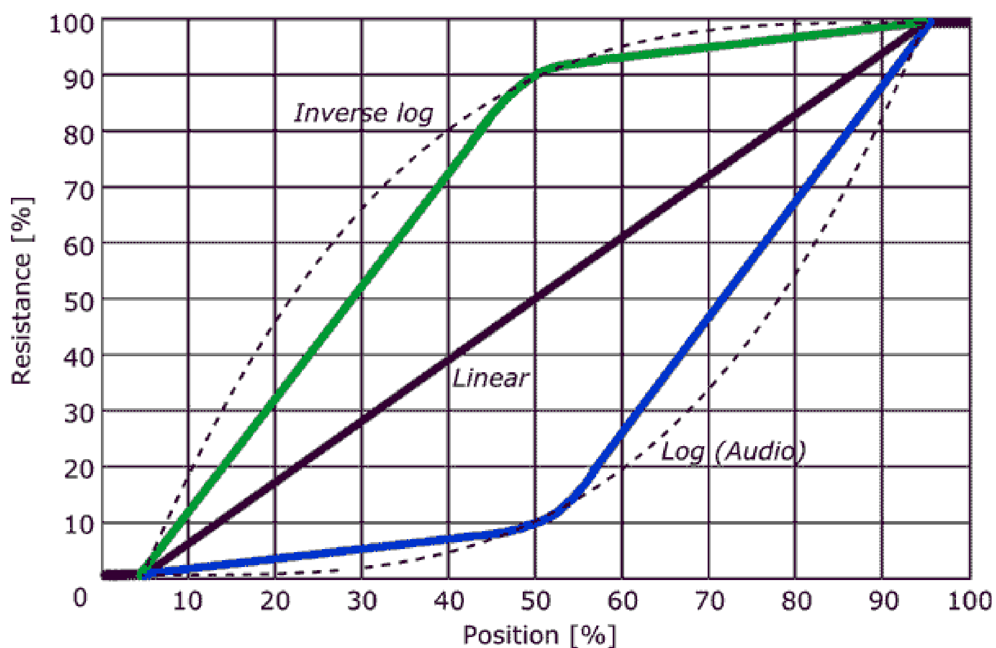
ඉහත සියලුම ආකාරවල විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකවල තවත් සුවිශේෂී ගතිගුණයක් ඇත. එය taper හෝ law යන වචනයෙන් හැඳින්වේ. කරකවා (rotate) හෝ ඇදගෙන ගොස් (slide) හෝ ඔබ විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයේ අගය වෙනස් කරනවා. එලෙස අගය වෙනස් වන්නේ කෙලෙසද යන්නයි ටේපර් (හෝ ලෝ) එකෙන් හැඟවෙන්නේ. ප්‍රධාන ටේපර් වර්ග දෙකක් තිබෙනවා Linear (රේඛීය) හා Log (ලඝු) වශයෙන්.

ලීනියර් වර්ගයේදී ප්‍රතිරෝධී අගය වෙනස් වන්නේ නමින්ම කියවෙන පරිදි රේඛීයවයි. ඒ කියන්නේ අංශකයකින් කරකවන විට, හැමවිටම ඕම් අගය වෙනස් වන්නේ එකම ප්‍රමාණයකින්ය. උදාහරණයක් බලමු. පොට් එක අංශක 200 ක් කැරකැවිය හැකි යැයිද, එය 0 සිට 100k දක්වා වෙනස් කළ හැකි යැයිද සිතන්න. එවිට, ලීනියර් වර්ගයේ එකක් නම්, එක් අංශකයක් කැරකැවීමේදී 100k/200 = 0.5k හෙවත් ඕම් 500 කින් අගය වෙනස් වේ (මුලු අගය අංශක ගණනින් බෙදන විට, එක් අංශකයක් කැරකැවීමේදී වෙනස් වන ඕම් ගණන ලැබේ). ඔබ දන්නවා වයිපර් එක දෙපසම විචලනය වන ප්‍රතිරෝධක අගයන් පවතනවා; වයිපරය දෙපසට කරකවන විට, එකවරම මෙම ප්‍රතිරෝධක අගයන් වෙනස් වෙනවා - එකක ප්‍රතිරෝධය අඩුවන අතර, අනෙකෙහි ප්‍රතිරෝධය වැඩි වෙනවා. ඉතිං මෙවැනි රේඛීය ටේපර් එකක් සහිත විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයකදී වයිපර් එක කරකවන විට, එක පැත්තක ප්‍රතිරෝධය වැඩිවන්නේත් රේඛීයව වන අතර, අනෙක් පසෙහි ප්‍රතිරෝධය අඩුවන්නේත් රේඛීයවයි.

ලොග් වර්ගයේ පොට් එකක් නම්, තත්වය වෙනස්ය. එහිදී මුල්ම අංශකය කරකවන විට වෙනස්වන ඕම් ගණනට වඩා දෙවැනි අංශකය කරකවන විට වෙනස්වන ඕම් ගණන වැඩිය. තෙවැනි අංශකය සඳහා ඊටත් වඩා වැඩි ඕම් වෙනසක් ඇති වේ. මෙම වෙනස්වීම සිදුවන්නේ (දහයේ) ලඝු පරිමාණය අනුවයි. උදාහරණයක් ලෙස, පළමු අංශකයේදී ඕම් 0.1 කින්ද, දෙවැනි අංශකයේදී ඕම් 1 කින්ද (දස ගුණයකින් වැඩියි), තෙවැනි අංශකයේදී ඕම් 10 කින්ද (නැවතත් දස ගුණයකින් වැඩියි), සිව්වන අංශකය සඳහා ඕම් 100 කින්ද ආදී වශයෙන් තමයි අගය වෙනස් වන්නේ. ලීනියර් අවස්ථාවේදී පැවසූ ආකාරයටම, මෙහිදීද වයිපර් එකට දෙපසේ ඇති ප්‍රතිරෝධ අගයන් දෙක වෙනස්වන්නේ ලඝු ආකාරයටයි. එනම්, එක පසක ලඝු පරිමාණයෙන් ප්‍රතිරෝධී අගය වැඩි වන අතර, අනෙක් පසෙහි ලඝු පරිමාණයෙන් ප්‍රතිරෝධී අගය අඩු වේ.

සාමාන්‍යයෙන් ලීනියර් පොට් එකක් Lin හෝ B හෝ යන අකුරුවලින් දක්වනවා. එය ලොග් වර්ගයේ එකක් නම්, Log හෝ A යන අකුරු එය මත ලියා තිබේවි. ඇත්තටම මෙම සංකේත අක්ෂර එක් එක් නිෂ්පාදකයා විවිධ ලෙස දක්වන අවස්ථාද තිබෙනවා. මීට අමතරව වෙනත් විශේෂ පරිමාණවලින් අගය වෙනස්වන ටේපර් හඳුන්වා දී ඇත.

මෙලෙස විවිධ ටේපර් නිර්මාණය කිරීමට හේතු ඇත. උදාහරණයක් ලෙස ලොග් ටේපර් එකක් සහිත පොට් එකක් අවශ්‍ය කරන අවස්ථාවක් සලකා බලමු. සමහරවිට ඔබ දන්නවා ඇති මිනිස් කන ලඝු පරිමාණයට අනුව වැඩ කරනවා කියා. සිතන්න යම් උපකරණයකින් ඔබට යම් ශබ්දයක් ඇසෙනවා කියා. එවැනි උපකරණ දෙකක් ඇත් නම්, ඒ කියන්නේ ඔබට දැන් ශබ්දයද දෙගුණකක් වී ඇසේවිද? නැත. ඔබට එවැනි උපකරණ 10 ක් එකට ක්‍රියාත්මක කළහොත් තමයි ඔබට එක් උපකරණයකින් ඇසෙන ශබ්දය මෙන් දෙගුණයක් ශබ්දයක් ලෙස කනට ඇසෙන්නේ. දැන් එම උපකරණ 10 න් ලැබෙන ශබ්දය නැවත දෙගුණ කිරීමට එවැනි උපකරණ කීයක් අවශ්‍ය කරනවාද? 100 ක් අවශ්‍ය වේ. ඉතිං මදක් සිතා බලන්න ඇම්ප් එකක (හෝ ඕනෑම ඕඩියෝ යන්ත්‍රයක) හඬ වැඩි කිරීමට ලීනියර් වර්ගයේ පොට් එකක්ද ලොග් වර්ගයේ පොට් එකක් යෙදීමද කළ යුත්තේ? ඇත්තෙන්ම ඒ දෙකෙන් ඕනෑම එකක් යෙදිය හැකියි. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව එය කරකවන විටයි වෙනස දැනෙන්නේ. ලීනියර් වර්ගයේ එකක් යෙදුවේ නම්, එය කරකවන මුල් අවස්ථාවේ ඉතා වේගයෙන් ශබ්දය වැඩි වී ඉන්පසු තවදුරටත් කරකවාගෙන යන විට ශබ්දය වැඩි වන බවක් දැනෙන්නේ නැත. ඔබ පන දාගෙන කැරකුවත් එච්චර වේගයෙන් වතුර එන්නේ නැති පයිප්පයක් බදුයි. එහෙත් එතැනට ලොග් වර්ගයේ පොට් එකක් දැම්මේ නම්, එය කරකවන විට ශබ්දය සුමටව ක්‍රමානුකූලව වැඩි වේගෙන යයි. පහත ප්‍රස්ථාරයෙන් ලීනියර් හා ලොග් ටේපර් දෙකද, ඊට අමතරව antilog (inverse log) යන ටේපර් එකද වෙනස්වන ආකාරය හොඳින් පෙන්වා දෙනවා. ලොග් එකට ඕඩියෝ යන නමද ව්‍යවහාර වෙනවා (මොකද එය බොහෝවිට ශබ්දය අඩුවැඩි කිරීමට යොදා ගන්නා නිසා). (ඇම්ප් ආදිය නිර්මාණය කිරීමේදී ශබ්දය අඩු වැඩි කිරීමට ලොග් වර්ගයේ එකක් යෙදිය යුතු වුවත් tone controllers විදියට යෙදිය යුත්තේ ලීනියර් වර්ගයේ ඒවා බව දැන් සිටම මතක තබා ගන්න. ටෝන් කන්ට්‍රෝලර් යනු බේස් (bass), ට්‍රෙබල් (treble) අඩු වැඩි කරන විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයි.)




**සටහන**

කන සංවේදී වන්නේ ලඝු පරිමාණයට බව ඉහත සඳහන් කළා. නිකමට හෝ සිතා බැලුවාද එසේ වීමට හේතුව? කන ඔබට සිතාගත නොහැකි තරම් කුඩා ශක්තියකින් යුත් ශබ්දයේ සිට විශාල ශක්තියකින් යුත් ශබ්ද පවා ඇසීමට තරම් සමත්. කනට හානියක් නොවී එතරම් පරාසයක ශබ්ද ඇසීමට හැකි වී තිබෙන්නේ කන ලඝු පරිමාණයට සංවේදී වීමට සැකසී ඇති බැවිනි. කන පමණක් නොව, ඇස හා වෙනත් බොහෝ සංවේදන රේඛීය නොවන බවට පර්යේෂණාත්මකව සනාථ කර ඇත.

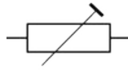
# ට්‍රිමර් රෙසිස්ටර්

ඉහත කතා කළ නොයෙක් ආකාරයේ පොට්වලට (රියෝස්ටැට්ද ඇතුලත්ව) අමතරව, තවත් ආකාරයේ විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකය වර්ගයක් තිබෙන බව මුලින්ම සඳහන් කළා. ඒවා ප්‍රීසෙට් නම් වේ. trimmer, trimpot යන නම්වලින්ද එය හැඳින්විය හැකියි. පොට් ගැන කියපු බොහෝ විස්තර මෙයටත් අදාල වේ. සාමාන්‍යයෙන් පොට් එකකට වඩා කුඩාය. අගය වෙනස් කිරීමට දණ්ඩක් නැත. මල් ඉස්කුරුප්පු හිසක් වැනි දෙයක් ඇත. එය ඉස්කුරුප්පු නියනකින් කැරකැවිය යුතුය අගය වෙනස් කිරීමට. ඇත්තෙන්ම මේවා සාදා තිබෙන්නේ නිතර නිතර අගය වෙනස් කිරීමට නොව; ඉඳ හිට අගයන් සීරුමාරු කිරීමටයි. මෙහිද එක වටයක් පමණක් කැරකැවිය හැකි හෙවත් සින්ගල්ටර්න් හා වට කිහිපයක් කැරකැවිය හැකි හෙවත් මල්ටිටර්න් මාදිලි දෙක ඇත.



ඔබ දන්නවා ඕනෑම රෙසිස්ටරයක් රත්වීම, වයසට යෑම (aging) ආදී විවිධ හේතු මත තමන්ගේ අගය වෙනස් වෙනවා. යම් යම් අවස්ථා තිබෙනවා මොනම හේතුව නිසා හෝ එසේ අගයන් වෙනස් වීම හොඳ නැති. එවැනි අවස්ථාවලදී එම සාමාන්‍ය ප්‍රතිරෝධ සමග මෙවැනි කුඩා ප්‍රීසෙට් එකක් ශ්‍රේණිගතව යොදනවා. එවිට, එක එක හේතු නිසා ප්‍රතිරෝධ අගය වෙනස් වන විට, මෙම ප්‍රීසෙට් එක කරකවා නැවත ඉතාම නිවැරදිව ඕම් ගණන සැකසිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස සිතන්න, ඔබට අවශ්‍යයි කියා ඉතාම නිවැරදිවම ඕම් 150 ක්. එවිට, ඔබට පුලුවන් ඕම් 100 යේ රෙසිස්ටරයකුත් ඕම්ස් 100 දක්වා වැඩි කළ හැකි ප්‍රීසෙට් එකකුත් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කරන්න. දැන් ප්‍රීසේට් එකෙන් භාගයක් පමණ කරකවන විට, සාමාන්‍ය රෙසිස්ටරයේ 100 අගයට තවත් 50 ක් ලබා දී අවශ්‍ය ඕම් ගණන වන 150 ලැබෙනවා. කාලයත් සමග (හෝ වෙනත් හේතු නිසා) මෙම අගයන් එහා මෙහා යා හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස එම එකතුව වසරකට පමණ පසුව ඕම් 155 ක් වූවා නම්, ඉතාම පහසුවෙන් ප්‍රීසෙට් එක ආපස්සට යාන්තමට කරකවා හරියටම නැවත 150 ඕම් අගය එනතුරු සීරුමාරු කළ හැකියි. නැවත අවුරුද්දකට පසුව එහි අගය 140 පමණ වේ නම්, එවිට ප්‍රීසෙට් එක අනෙක් පසට කරකවා නැවත සැකසිය හැකියි. මෙලෙස ප්‍රීසෙට් එක දෙපසටම කරකවා අගයන් සීරුමාරු කළ හැකි පරිදියි අප එය ඩිසයින් කරන මොහොතේම එම අගයන් යෙදුවේ (ප්‍රීසෙට් එක මැදට කරකවා).

නිකමට හෝ අපට අවශ්‍ය ඕම් 150 ගැනීමට ඕම් 150 ක සාමාන්‍ය ප්‍රතිරෝධකයකුත් ඕම් 100 ප්‍රීසෙට් එකකුත් යෙදුවා යැයි සිතන්න. එවිට, දැනටමත් බොහෝවිට සාමාන්‍ය ප්‍රතිරෝධකයේ හරියටම ඕම් 150 තිබේ නම්, ප්‍රීසෙට් එකේ අගය 0 කර තැබිය හැකියි. ටික කාලයකට පසුව එය ඕම් 155 ලෙස පෙන්නුවොත් දැන් ඔබට ප්‍රීසෙට් එකෙන් එය අඩු කිරීමට බැරිය මොකද දැනටමත් ප්‍රීසෙට් එක තිබෙන්නේ එයට ගත හැකි අඩුම අගය වන බිංදුවේය. එහෙත් ඉහත ආකාරයට එය ඩිසයින් කළේ ආරම්භයේදීම (ඩිසයින් කරපු මොහොතෙම) ප්‍රීසෙට් එක මැදට කරවා තිබෙන ලෙස නම්, ඔබට මෙම වැඩි වූ ඕම් ප්‍රමාණය අඩු කර ගත හැකිව තිබෙනවා නේද මොකද ප්‍රීසෙට් එක දෙපසටම කරකැවීමට හැකියාව තිබෙන නිසා? මෙවැනි සරල එහෙත් පහසුවෙන් අමතකවන (අතපසුවන) ඩිසයින් තීරණ හොඳින් කල්පනා කර ගත යුතුය. මෙම අවස්ථාව හා පෙර ඡේදයේ අවස්ථාව සංසන්දනය කර බලන්න. ප්‍රීසෙට් එකක පරිපථ සංකේතය පහත ආකාරයට වේ.



## විශේෂ ප්‍රතිරෝධක

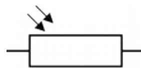
ඉහත සාකච්ඡා කළ නියත හා විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධක හැරුණහම, තවත් සුවිශේෂී ජනප්‍රිය ප්‍රතිරෝධක වර්ග කිහිපයක්ද තිබෙනවා. මේවා ආලෝකය, උෂ්ණත්වය වැනි විවිධ භෞතික රාශීන්ට සංවේදී ප්‍රතිරෝධකයි.

## LDR

මේ අතරින් සුලභම වර්ගය තමයි ආලෝකයට සංවේදී ප්‍රතිරෝධක වර්ගය. මේවා ප්‍රකාශ-ප්‍රතිරෝධක (photoresistor) හෝ "ආලෝකයට සංවේදී ප්‍රතිරෝධක" (Light Dependent Resistor – LDR) ලෙස හැඳින් වෙනවා. එහි සාමාන්‍ය භාහිර හැඩය පහත දැක්වේ.



මෙම ප්‍රතිරෝධයේ හිස මත තිබෙන්නේ ආලෝකයට ඉතා සංවේදී කැඩ්මියම් සල්ෆයිඩ් (CdS), ලෙඩ් සල්ෆයිඩ් (PbS), කැඩ්මියම් සෙලිනයිඩ් (CdSe) ආදී යම් රසායනික ද්‍රව්‍යයකි. එම ද්‍රව්‍යයන්වල ඉතා ඉහල (බොහෝවිට 500k ohm වැනි) ප්‍රතිරෝධි අගයන් තිබේ. එහෙත් ඒ මතට ආලෝකය වැටෙන විට, ප්‍රතිරෝධි අගය සීඝ්‍රයෙන් පහළ යයි (බොහෝවිට ඕම් 500 වැනි). මෙහිදී කිව යුතු වැදගත් කරුණ නම්, ඉහත සඳහන් කළ (හා නොකළ) ආලෝක සංවේදී රසායනික ද්‍රව්‍ය එකම ආකාරයෙන් ආලෝකයට සංවේදී නොවේ. සමහර ඒවා "ආලෝකයේ රතු පැත්තට" (ඒ කියන්නේ දිගු තරංග ආයාම සහිත ආලෝකයට) සංවේදිතාව දක්වන අතර, තවත් සමහර ඒවා "ආලෝකයේ නිල්/දම් පැත්තට" (ඒ කියන්නේ කෙටි තරංග ආයාම සහිත ආලෝකයට) සංවේදී වේ. ආලෝකය පතිත වී, එහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ප්‍රතිරෝධකය වෙනස්වීම සඳහා යම් කාලයක් ගත වේ (තත්පරයට අඩු කාලයක්). එම "කාල පමාව" latency යනුවෙන් හැඳින්වේ. පහත දැක්වෙන්නේ LDR එකක සංකේතයයි.

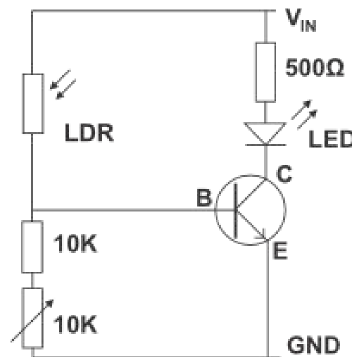


**සටහන**

ආලෝකය යනු විවිධ වර්ණවලින් යුතු දෙයකි. වර්ණ බිලියන ගණනක් එහි ඇත. ඒ කෝටි සංඛ්‍යාත වර්ණ පෙළ දළ වශයෙන් දේදුන්නේ වර්ණ හත මඟින් නිරූපණය කළ හැකියි. ආලෝකයේ විවිධ වර්ණ/පැහැයන් තීරණය වන්නේ එම ආලෝකයේ පවතින තරංග ආයාමය මතයි. දේදුන්නේ වර්ණ රතු-තැඹිලි-කහ-කොල-නිල්-ඉන්ඩිගෝ-දම් ලෙස පිළිවෙලින් ඇත. එම වර්ණ "රන් තැඹිලි කඩන කොල්ලා නිල් ඉරක් දකී" යනුවෙන් මතක තබා ගත හැකියි. රතුවල සිට දම් පාට දක්වා යන විට තරංග ආයාමය කෙටි වෙමින් යයි. උදාහරණයක් ලෙස, රතු වර්ණයට දළ වශයෙන් නැනෝමීටර් 700 ක තරංග ආයාමයක්ද, ඉන්ඩිගෝ/දම්වලට නැනෝමීටර් 400 ක පමණ තරංග ආයාමයක්ද ඇත (ඇත්තෙන්ම විද්‍යාත්මකව ගත් කළ දම් යනුවෙන් වර්ණයක් නැත; ඒ කියන්නේ දම්වලට තරංග ආයාමයක් නැත). තරංග ආයාමය අඩු වෙනවා යනු සංඛ්‍යාතය වැඩි වීමයි. මේ ගැන විස්තර පළමු පොතේද, තවත් විස්තර ආලෝකය පිළිබඳ විශේෂ අතිරේකයේද (ඉදිරි පාඩමක්) තිබේ.

LDR එක රේඛීයව අගය වෙනස්වන උපකරණයක් නොවන අතර, එය ප්‍රතිරෝධකයක් බැවින් උෂ්ණත්වය වෙනස්වීමේදීද ප්‍රතිරෝධය වෙනස් කර ගන්නවා. එමනිසා ආලෝක තීව්‍රතාව පිළිබඳ අධ්‍යනය කිරීමට (එනම් ආලෝක මට්ටම් නිවැරදිව මනින උපකරණයක් ලෙස) මේවා පහසුවෙන් යොදා ගත නොහැකියි. එහෙත් ආලෝකය ඇති නැති බව හඳුනාගැනීමට මෙය ඉතාම කදිම අඩු වියදම් සරල යෙදවුමකි. ඊට අමතරව, යම් නිශ්චිත ආලෝක මට්ටමකදී ක්‍රියාත්මක වන (trigger) පරිපථ සඳහාද එල්ඩීආර් එක ඉතාම අගනේය. උදාහරණයක් ලෙස, සිතන්න වත්තේ හෝ කාමරයක හෝ බල්බයක් ඉබේම පත්තු වෙන්නට අවශ්‍යයි කියා පරිසරය යම් පමණකට අඳුරු වූ විට. මෙවැනි යෙදුමකට එල්ඩීආර් භාවිතා කළ හැකියි.

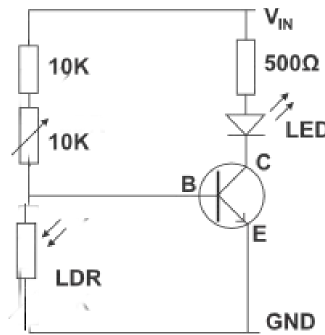
සාමාන්‍යයෙන් LDR එකක් යොදන්නේ විභව බෙදුම් පරිපථයක එක් ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙසයි (පහත රූපය).




ඉහත රූපයේ LDR එක විභව බෙදුමේ උඩ රෙසිස්ටරය වෙනුවට ආදේශ කර ඇත. යට තනි රෙසිස්ටරයක් වෙනුවට රියෝස්ටැට් එකක්ද සහිතව 10k රෙසිස්ටරයක් යොදා ඇත. එය බුද්ධිමත් වැඩක් වන අතර ඒ ගැන මොහොතකින් විස්තර කරන්නම්.

විශ්ලේෂණය සඳහා අප සිතමු යට කොටසේ 15k ක හා මේ මොහොතේ LDR එකේද 30k ප්‍රතිරෝධයක් පවතිනවා කියා (2:1 අනුපාතය). ඒ කියන්නේ දැන් ට්‍රාන්සිස්ටරයේ B අග්‍රය වෙතට Vin විභවයෙන් හරියටම තුනෙන් පංගුවක් ලැබෙනවා. එවිට ට්‍රාන්සිස්ටරය ක්‍රියාත්මක වී LED එක පත්තු වේ යැයි සිතමු. දැන් LDR එක මතට වැටෙන ආලෝක ප්‍රමාණය අඩු වූවා යැයි සිතන්න. එවිට, එහි ප්‍රතිරෝධය සීඝ්‍රයෙන් ඉහළ ගොස් 300k වූවා යැයි සිතමු. එවිට දැන් විභවය බෙදෙන්නේ 10:1 අනුපාතයටයි. ඒ කියන්නේ ට්‍රාන්සිස්ටරයේ B අග්‍රයට දැන් ලැබෙන්නේ Vin විභවයෙන් දහයෙන් එකක් තරම් කුඩා ප්‍රමාණයකි. එය ට්‍රාන්සිස්ටරය ක්‍රියාත්මක කිරීමට තරම් ප්‍රමාණවත් නොවී LED එක නිවී යයි. ඒ අනුව ඉහත පරිපථය ආලෝකය ලැබෙන විට පරිපථය සක්‍රිය කරන ජාතියේ එකක් නේද?

ඉහත පරිපථයම "LDR එක" හා "10k+10k" කොටස් මාරු කර තැබුවොත් කුමක් වේවිද? (පහත රූපය) මෙහිද පෙර උදාහරණයේ සේම පළමුව උඩ 15k ද යට 30k ලෙස තිබුණේ යැයි සිතමු. දැන් එහි විභවය බෙදෙන අනුපාතය 1:2 වේ. ඒ කියෙන්නේ දැන් ට්‍රාන්සිස්ටරයේ B අග්‍රයට ලැබෙන්නේ LDR එකේ ඩ්‍රොප්වන වෝල්ටියතාවයි. එය Vin අගයෙන් තුනෙන් දෙකක ප්‍රමාණයක් වේ. ඒ කියන්නේ ට්‍රාන්සිස්ටරයට ඔන් වෙන්න එය ඕනවටත් වඩා ප්‍රමාණවත් (පෙර අවස්ථාවේ එයට ලැබුණේ තුනෙන් එකක් නේද? පෙර ඡේදය කියවන්න මතක නැතිනම්). දැන් පෙර සේම ආලෝක මට්ටම අඩු කරමු. එවිට LDR එකේ ප්‍රතිරෝධය ක්ෂණිකව 300k දක්වා ඉහළ යයි. ඒ කියන්නේ 1:10 අනුපාතයක් දැන් නිර්මාණය වේ. එවිට, LDR එක වටා පෙරටත් වඩා (දස ගුණයකින් පමණ) වැඩි විභවයක් පවතිනවා. ඒ කියන්නේ ට්‍රාන්සිස්ටරය තවදුරටත් ඔන් එකේම පවතිනවා. ට්‍රාන්සිස්ටරය ඕෆ් කිරීමට නම්, LDR එකට වැටෙන ආලෝක ප්‍රමාණය වැඩි කළ යුතුයි. මින් හැඟවෙන්නේ මේ ආකාරයට LDR එක යෙදූ විට, එය ආලෝකය අඩු වන විට පරිපථය සක්‍රිය කරන වින්‍යාසයකි.

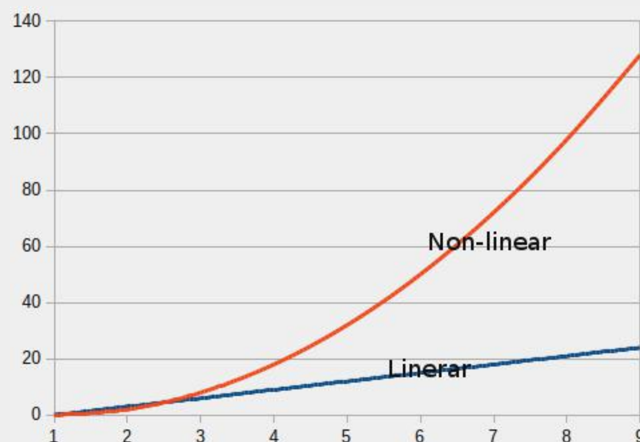



ඉහත වින්‍යාස (configuration) දෙක එල්ඩීආර් සඳහා පමණක් නොව; උෂ්ණත්වයට හෝ වෙනත් රාශියකට සංවේදී ඕනෑම උපාංගයක් සඳහාද වලංගු වේ. උදාහරණයක් ලෙස, තාපය වැඩිවන විට සක්‍රිය වන හෝ තාපය වැඩිවන විට අක්‍රිය වන වින්‍යාස දෙකද ඉහත ලෙසම සාදා ගත හැකියි නේද?

**සටහන**
LDR එක සාමාන්‍යයෙන් රේඛිය නොවන (non-linear) ක්‍රියාකාරිත්වයක් පෙන්වන උපාංගයක් හෙවත් අරේඛීය උපාංගයකි. මින් අදහස් කරන්නේ කුමක්ද?

යම් ලක්ෂණයක්/රාශියක් මත තවත් ලක්ෂණයක්/රාශියක් වෙනස් විය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, LDR එකකදී ආලෝකය යන රාශිය/ලක්ෂණය මත ප්‍රතිරෝධකතාව යන රාශිය/ලක්ෂණය වෙනස් වේ. ගණිතයේදී මෙලෙස වෙනස්වන රාශීන් විචල්‍යයන් (variable) ලෙස හඳුන්වනවා. මින් ස්වාධින (ඒ කියන්නේ වෙනත් රාශියක් මත නොයැපෙන) රාශිය ස්වායත්ත විචල්‍යය (independent variable) ලෙසද, තවත් රාශියක් මත යැපෙන රාශිය පරායත්ත විචල්‍යය (dependent variable) ලෙසද හැඳින් වෙනවා. LDR එකක් ගත් විට, ආලෝකය යනු ස්වායත්ත විචල්‍යය වන අතර, ප්‍රතිරෝධය පරායත්ත විචල්‍යය වේ. දැන් සලකා බලන්නට අවශ්‍යයි මෙම විචල්‍ය දෙක අතර පවතින සම්බන්ධතාව කෙබඳුද කියා. විවිධ සම්බන්ධතා වර්ග තිබිය හැකියි. අවශ්‍ය නම්, ප්‍රස්ථාරයකින් එම සම්බන්ධතාව නිරූපණය කළද හැකියි (x අක්ෂයට ස්වායත්ත විචල්‍යයද, y අක්ෂයට පරායත්ත විචල්‍යයද යොදමින්).

මෙම සම්බන්ධතාවලින් සමහරකට ගණිත සූත්‍ර නිර්මාණය කිරීමටද හැකියි. ඒවා ශ්‍රිත (function) යන නමින් ගණිතයේදී හැඳින් වේ (ශ්‍රිත $y = x$, $y = 2x$, $y = x^4$, $y = 5x^2 + 6x$, $y = 9x^4 + 2$ ආදි ලෙස සටහන් කෙරේ). මෙම සම්බන්ධතාවලින් එක් සුවිශේෂී සම්බන්ධතාවක් තමයි රේඛීය (linear) යන නමින් හඳුන්වන්නේ. එය සුවිශේෂී වන්නේ සම්බන්ධතාවලින් සරලම සම්බන්ධතාව එය නිසයි. ගණිතමය වශයෙන් එය $Y = mX$ ලෙස එය ලිවිය හැකියි (m යනු ඕනෑම ශූන්‍ය නොවන සංඛ්‍යාවක්; එය සංගුණකය ලෙස හැඳින්වේ). ප්‍රස්ථාරවලදී එය සරල රේඛාවකින් නිරූපණය වේ (රේඛිය යන නමද ලැබී ඇත්තේ මේ හේතුව නිසාය). රේඛීය නොවන අනෙක් සෑම ශ්‍රිතයක්ම/සූත්‍රයක්ම අරේඛීය ලෙස පොදුවේ හැඳින්වේ.



විචල්‍ය දෙකක් අතර පවත්වන සමහර සම්බන්ධතා පහසුවෙන් ගණිතමය සූත්‍රයකින් දැක්වීමට අපහසු වෙන අවස්ථාත් තිබෙනවා. එවන් අවස්ථාවල, සුවිශේෂී ගණිත ක්‍රම උපයෝගී කරගෙන හරියටම ගැලපෙන (exact) හෝ බොහෝවිට ආසන්නව ගැලපෙන (approximate) සූත්‍ර නිර්මාණය කර ගැනීමටද හැකියාවක් නැත්තෙම නැහැ.

හරියටම හරියන හෝ ආසන්නව ගැලපෙන සූත්‍රයක් සාදා ගන්නට හැකි නම්, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් හා පරිගණක තාක්ෂණයෙන් ඒවා පහසුවෙන්ම නිරූපණය කිරීමට හැකි වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස සිතන්න LDR වැනි යම් උපාංගයක් ආලෝකයට සංවේදී වන අතර, තමන්ගේ ප්‍රතිරෝධකතාව (හෝ වෙනත් රාශියක්), *“ආලෝක තීව්‍රතාව = 4(ප්‍රතිරෝධකතාව)$^2$”* යන සූත්‍රයෙන් නිරූපණය කළ හැකි සම්බන්ධතාවක් පවත්වාගෙන යනවා කියා. ඒ කියන්නේ ඔබ දැන් උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධය මැනගත් විට, ඉහත සූත්‍රය ආශ්‍රයෙන් ක්ෂණයකින් ආලෝක තීව්‍රතාව ඉතා නිවැරදිවම සොයා ගත හැකියි. සම්බන්ධතාව රේඛීය වුවත් අරේඛීය වුවත් එතරම් ගැටලුවක් නැහැ එම උපාංගය එම ශ්‍රිතය දිගටම එලෙසම පවත්වාගෙන යනවා නම්. විවිධ පර්යේෂණ සිදු කර ලැබෙන දත්ත විශ්ලේෂණය කරලා එවැනි සූත්‍රාකාරයේ සම්බන්ධතා ගොඩනැඟිය හැකියි.

එහෙත් LDR වල එලෙස රේඛීය (හෝ සූත්‍රයකින් පහසුවෙන්ම දැක්විය හැකි අරේඛීය) ලෙස පවතින සූත්‍රයක් දිගටම පවත්වාගෙන යන්නේ නැත. නිකමට හෝ යම් එල්ඩීආර් එකක් හොඳින් ටෙස්ට් කර එවැනි සූත්‍රයක් ගොඩ නැඟුවත් ප්‍රයෝජනයක් නැත මොකද වෙනත් එල්ඩීආර් එකක් එතැනට දමන විට, එම සූත්‍රය වලංගු නොවේ. ඒ කියන්නේ පොදුවේ ඕනෑම LDR එකකට සාධාරණ එවැනි සූත්‍රයක් ගොඩනඟා ගැනීමේ අවශ්‍යතාවයි පවතින්නේ. අන්න ඒ නිසයි එල්ඩීආර් එකකින් ආලෝක මට්ටම් නිවැරදිව මැනිය නොහැක්කේ.

ඇත්තටම යම් යම් රාශි/විචල්‍ය අතර කුමන හෝ සූත්‍රයක් ගොඩනැඟීම තමයි අමාරුම කාර්ය. ඇත්තෙන්ම මෙලෙස රාශීන් දෙකක් හෝ කිහිපයක් අතර එලෙස ශ්‍රිත ගොඩනැඟීම තමයි විද්‍යාව තුළත් සිදු වන්නේ. එය සුලුපටු කාර්යක් නොවේ. එය කළ හැකි නම්, ඊට ගැලපෙන පරිපථ නිර්මාණය කිරීම ඉතාම පහසු වෙනවා. එලෙස සූත්‍රයක් ගොඩනැඟූ විට, එය ක්‍රියාත්මක කරන ක්‍රියාවලිය හෙවත් “ප්‍රෝසෙස් එක” පහසුවෙන්ම තීරණය කළ හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත “ආලෝක තීව්‍රතාව = 4(ප්‍රතිරෝධකතාව)$^2$ “ යන සූත්‍රය බලමු. එම සූත්‍රයට අදාල process එක සරලව දක්වන්නේ නම් මෙසේය.

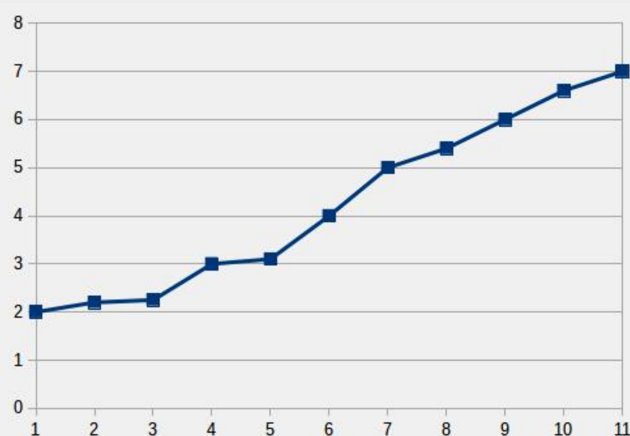
1. ප්‍රතිරෝධකතාව මනින්න.
2. ඉහත පළමු පියවරෙහි ලබාගත් අගය වර්ග කරන්න.
3. ඉහත දෙවන පියවරෙහි ලබාගත් අගය 4 න් වැඩි කරන්න.

ඉහත උදාහරණයේ ප්‍රෝසෙස් එක ඉතා පහසුය. සමහර ප්‍රෝසෙස් පිටු ගණනාවකින් ලිවිය යුතු තරමේ ඉතා සංකීරණ විය හැකියි. නොයෙකුත් සංකීර්ණ ගණිතකර්ම කිරීමට සිදු වේවි. මෙම ප්‍රොසෙස් එක algorithm (ඇල්ගොරිත්ම්) එකක් ලෙස හැඳින්විය හැකියි. පරිගණක යනුම ඇල්ගොරිත්ම් ක්‍රියාත්මක කරන උපකරණයකි. කොම්පියුටර් ප්‍රෝගෑම්වලින් සිදු කරන්නේ මෙම ඇල්ගොරිත්ම් පරිගණකය මත ක්‍රියාත්මක කිරීමයි.

තවද, යම් විචල්‍යන් දෙකක් අතර කිසිම සූත්‍රයක් ගොඩනැඟිය නොහැකි විටත්, ගත හැකි විකල්ප පියවරක් තිබෙනවා. එහිදී එම උපාංගය සංවේදීවන පරාසය පළමුව නිශ්චය කළ යුතුයි (ඇත්තටම මෙම පරාසය නිශ්චය කිරීම සූත්‍රයක් පවතින අවස්ථාවටත් වලංගු වේ; ඕනෑම උපාංගයක නිසි ක්‍රියාකාරිත්වය පෙන්වන පරාසයක් පවතී). උදාහරණයක් ලෙස, උෂ්ණත්වයට සංවේදී යම් උපාංගයක නිවැරදිව සූත්‍රයක්ද සහිතව සංවේදී වන්නේ සෙන්ටිග්‍රේඩ් 0 සිට 100 දක්වා නම්, ඉන් අංශක 104 හෝ -10 නිවැරදිව මැනීමට යොදාගත නොහැකියි මක්නිසාද එම අගයන් එහි පරාසයෙන් පිට තිබෙන නිසාය. ඉන්පසු කරන්නේ ස්වායත්ත විචල්‍යයේ නිශ්චිත පරතරයන්ගෙන් යුතු අගයන් රාශියක් සඳහා පරායත්ත විචල්‍යය ගන්නා අගයන් සොයා ගැනීමයි. එය පහත ආකාරයට ටේබල් එකක (වගුවක) ලස්සනට දැක්විය හැකියි. lookup table ලෙස ඒවා හැඳින්වේ. පහත දැක්වෙන්නේ උදාහරණයක් ලෙස මා සකස් කළ එවැනි ලුක්අප් ටේබල් එකක් උෂ්ණත්වය ස්වායත්ත විචල්‍යය ලෙසද, ප්‍රතිරෝධය පරායත්ත විචල්‍යය ලෙසද ගෙන.

| උෂ්ණත්ව | ප්‍රතිරෝධය |
|---|---|
| 0 | 2k |
| 1 | 2.2k |
| 2 | 2.25k |
| 3 | 3k |
| 4 | 3.1k |
| 5 | 4k |
| 6 | 5k |
| 7 | 5.4k |
| 8 | 6k |
| 9 | 6.6k |
| 10 | 7k |

මා එය ලිවීමේ පහසුව තකා ස්වායත්ත විචල්‍යය අවමය 0 සිට උපරිමය 10 දක්වා සෙන්ටිග්‍රේඩ් 1 කින් වෙනස්වන පරිදියි පරතරය තබා තිබෙන්නේ. ඒ ඒ උෂ්ණත්වයට එම උපාංගය පෙන්නුම් කරන ප්‍රතිරෝධය තමයි එම අගයන් ඉදිරියෙන් ලියා තිබෙන්නේ. සෙන්ටිග්‍රේඩ් එකේ පරතරය තවදුරටත් කුඩා කළ විට (සෙන්ටිග්‍රේඩ් 0.1 බැගින් හෝ 0.01 බැගින් හෝ ආදි ලෙස) මෙම වගුවේ නිරවද්‍යතාව තවත් ඉහළ යයි. මෙවැනි ක්‍රමයකින් විචල්‍යන් දෙකක් අතර සම්බන්ධතාවක් සටහන කිරීම mapping හෝ association එකක් ලෙස හැඳින්වේ. දැන් මෙවැනි වගුවක් භාවිතා කර එම උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධය මැනීමෙන් නිවැරදි උෂ්ණත්වය මැනිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, ප්‍රතිරෝධය 2.25k නම් ඉහත වගුව ඇසුරින් උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් 2 ලෙස සොයාගත හැකියි. ලඝු, සයින්, කොස් ආදී වගු භාවිතා කිරීමත් ඇත්තටම මෙම ක්‍රමයම තමයි. (මෙම මැපිං ක්‍රමයද ප්‍රයෝජනයට ගත නොහැකි අවස්ථා තිබෙන බව මතක තබා ගන්න.) කැමති නම් ඉහත මැපිං එක ප්‍රස්ථාරයකින් වුවද දැක්විය හැකියි (පහත රූපය).

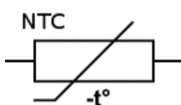


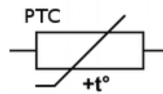

ඉහත පරිපථවල එල්ඩීආර් එක සමඟ විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයක් දමා තිබෙන්නේ ඇයි? එය යොදා තිබෙන්නේ පරිපථය ට්‍රිගර් විය යුතු ආලෝක ප්‍රමාණය තමන්ට අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට සෙට් කිරීමටයි. එය සීරු මාරු කරමින් ඔබට පුලුවන් විභව බෙදුමේ අනුපාතය වෙනස් කරන්නට තමන්ට අවශ්‍ය ප්‍රමාණයට. විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධය අනිවාර්යෙන්ම මෙවැනි පරිපථයක තිබිය යුතුයි (රියොස්ටැට් එකක් හෝ ට්‍රිමර් එකක්). ආලෝකයට සංවේදී තවත් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග තිබෙනවා photodiode, phototransistor වැනි. ඇත්තටම ෆොටෝඩයෝඩ් හා ෆොටෝට්‍රාන්සිස්ටර් උපාංග දෙකම එල්ඩීආර් එකට වඩා ඉතා

විශ්වාසදායි හා නිරවද්‍ය වේ. තවද මේවායේ ලේටන්සි එක ඉතා කුඩාය (ඒ කියන්නේ ආලෝකයේ ඇති වන වෙනස්ක ඉතා ක්ෂණිකව ප්‍රතිරෝධය වෙනස් කරනවා).

## තර්මිස්ටර්

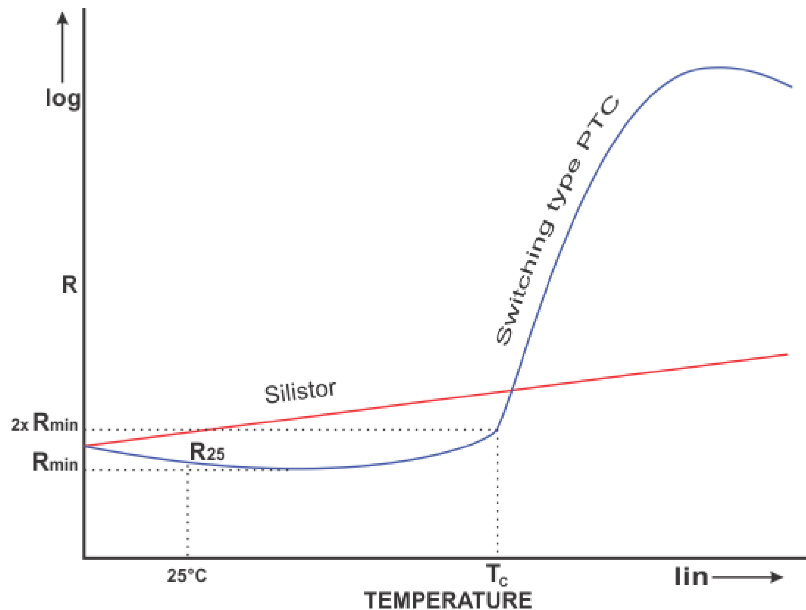
උෂ්ණත්වයට සංවේදී රෙසිස්ටර්ද තිබේ. ඒවා thermistor යන නමින් හැඳින්වෙනවා (thermal + resistor = thermistor). ප්‍රධාන වශයෙන් තර්මිස්ටර් වර්ග දෙකක් ඇත: NTC thermistor, PTC thermistor ලෙස. NTC (Negative Temperature Coefficient) වර්ගයේදී උෂ්ණත්වය වැඩිවන විට ප්‍රතිරෝධය අඩු වේ; ඒ කියන්නේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය ඍණ වේ (එනිසයි එම නම ඊට ලැබී ඇත්තෙත්). PTC (Positive Temperature Coefficient) වර්ගයේදී උෂ්ණත්වය වැඩිවන විට ප්‍රතිරෝධයද වැඩි වේ; ඒ කියන්නේ උෂ්ණත්ව සංගුණකය ධන වේ. ඒ දෙකෙහි සංකේත පහත දැක්වේ. සමහරවිට $-t^o$ හෝ $+t^o$ නැතිවද එම සංකේත දක්වනවා.




ඔබ දන්නවා සාමාන්‍ය රෙසිස්ටරයක් වුවද උෂ්ණත්වය වෙනස් වීමේදී ප්‍රතිරෝධි අගය වෙනස් කර ගන්නවා. සාමාන්‍ය ප්‍රතිරෝධකවලට නම් එය ලොකු කරදරයක්. එහෙත් තර්මිස්ටර් යනු එම කරදරය වාසියකට හරවාගත් අවස්ථාවක්. තවද, තර්මිස්ටර්වලදී උෂ්ණත්වය ටිකක් වෙනස් වුවත් ප්‍රතිරෝධි අගය විශාලව වෙනස්වන පරිදි විශේෂ ද්‍රව්‍ය යොදා ගන්නවා. එක් සෙල්සියස් අංශකයකට කොතරම් ප්‍රතිරෝධිතාවක් වෙනස් වෙනවාද (එනම් පවතින ප්‍රතිරෝධ අගයෙන් කොතරම් ප්‍රතිශතයක් වෙනස් වෙනවාද) යන්න තර්මිස්ටර් එකක සංවේදීතාව පෙන්වන එක් මිනුමක්. සංවේදීතාව වැඩිවන තරමට හොඳය. වැඩිපුර භාවිතා කෙරෙන්නේ NTC වර්ගය වන අතර, එය සපෝට් කරන උෂ්ණත්ව පරාසයද අනෙක් වර්ගයට වඩා විශාලයි. සාමාන්‍යයෙන් සෙල්සියස් අංශක -90 වැනි අගයක සිට අංශක ධන සිය ගණනක් දක්වා පරාසයක මේවා පැතිර තිබේ. විශේෂ වර්ග සාදා තිබෙනවා මීටත් වඩා බොහෝ අඩු හෝ බොහෝ වැඩි උෂ්ණත්වය පරාසයන් සපෝට් කිරීම සඳහා. විවිධ හැඩවලින් මේවා ඇත. අවාසනාවකට මෙන් මේවාද පොදුවේ අරේඛිය ක්‍රියාකාරිත්වයක් දක්වයි. එසේ වුවත් කුඩා උෂ්ණත්ව පරාසයක් සැලකූ විට, ඕනෑම තර්මිස්ටර් එකක් රේඛියව ක්‍රියා කරනවා යැයි උපකල්පනය කිරීමද සාමාන්‍යයෙන් සිදු වේ. උදාහරණයක් ලෙස, සෙල්සියස් 100 සිට 102 දක්වා කුඩා පරාසය තුළ එය රේඛීය විචලනයක් ඇතැයි සිතිය හැකියි. (ඇත්තටම තර්මිස්ටර් සඳහා පමණක් නොවේ, වෙනත් බොහෝ අවස්ථාවන්හිදීද මෙම ‘‘ඉතා කුඩා පරාසයක්’’ තුළ බොහෝ අරේඛීය ගුණයන් රේඛීය විචලනයක් පෙන්වන බව උපකල්පනය කිරීම ප්‍රායෝගිකව සිදු වේ.)

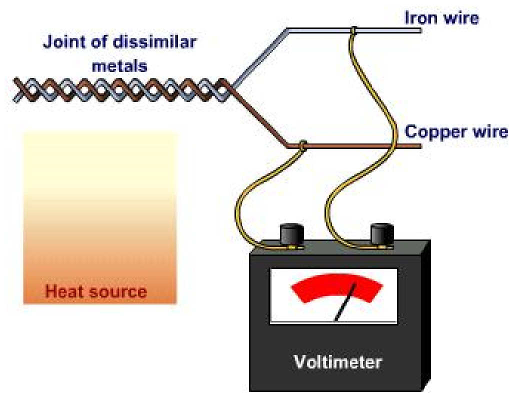
PTC වර්ගය තරමක් අමුතු වේ. මෙම වර්ගයේ silistor යනුවෙන්ද හැඳින්වෙන සිලිකන්වලින් සෑදූ තර්මිස්ටර් වර්ගයක් තිබේ. එහිදී නම්, ක්‍රියාකාරිත්වය අනෙක් සියලුම වර්ගයේ ඒවාට වඩා රේඛීය වේ. තවද, සිලිස්ටර් හැර අනෙක් PTC වර්ගවල මා පෙර සඳහන් කරපු අමුත්ත තිබේ. එම අමුත්ත නම්, යම් නිශ්චිත උෂ්ණත්වයක් දක්වා කුඩා වශයෙන් ප්‍රතිරෝධය වෙනස් වී, එම නිශ්චිත උෂ්ණත්වය පසු කරත්ම ඉතා සීඝ්‍රයෙන් ප්‍රතිරෝධය වෙනස් වීම පටන් ගනී. මෙම විශේෂ නිශ්චිත උෂ්ණත්වය අවධි උෂ්ණත්වය (critical temperature – Tc) ලෙස හැඳින් වේ. මෙවැනි PTC වර්ගයේ තර්මිස්ටර් switching type ලෙසද හැඳින්වේ. පහත දැක්වෙන්නේ සිලිස්ටර් හා ස්විචිං වර්ග දෙකේ උෂ්ණත්ව-ප්‍රතිරෝධ විචලනය පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයකි.




උෂ්ණත්වය වෙනස්වීම මත පරිපථයට යැවිය යුතු ධාරාව වෙනස් කිරීමට අවශ්‍ය කරන අවස්ථාවලට "ධාරා පාලක ප්‍රතිරෝධකයක්" ලෙස තර්මිස්ටර් සාමාන්‍යයෙන් යොදා ගන්නවා (ඒ කියන්නේ උෂ්ණත්වය අනුව ට්‍රිගර් වන පරිපථයක් ලෙස). එවිට එය ඉහත එල්ඩීආර් එකක් යෙදූ ආකාරයට භාවිතා කළ හැකියි. මෙම ආකාරයට තර්මිස්ටර් යෙදීම sensing mode හෝ zero-power mode ලෙසද හැඳින්විය හැකියි.

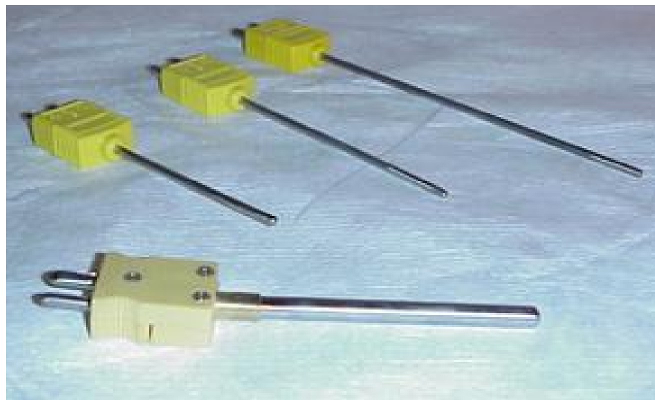
තර්මිස්ටර් යනුද ප්‍රතිරෝධකයක් නිසා ඒ තුලින් ධාරාවක් ගලා යන විට, ජූල් තාපන නියමය අනුව තාපයක් හට ගැනීම නිසා, නිවැරදිවම උෂ්ණත්වය මැනීමට එය බාධාවක් විය හැකියි. මෙලෙස ධාරාවක් තමන් හරහා යෑම නිසා සිදුවන උෂ්ණත්ව වෙනස්වීම self-heating effect (ස්වයංතාපන ක්‍රියාව) ලෙසද හැඳින්වේ. එහෙත් මෙම ස්වයං-තාපන ගුණයද අපේ වාසියට යෙදවිය හැකියි. යම් පරිපථයක (කුමන හෝ හේතුවක් නිසා) ධාරාව වැඩිපුර ගමන් කරන විට, එය ඉබේම අඩු කිරීමට මෙය යොදාගත හැකි වෙනවා. ඒ කියන්නේ, දැන් තර්මිස්ටර් එක සම්බන්ධිත පරිපථ මඟ ඔස්සේ ධාරාව වැඩිපුර ගමන් කරන විට, ඉන් ස්වයංතාපන ක්‍රියාව හේතුවෙන් තර්මිස්ටර් එකේ ප්‍රතිරෝධය වැඩි වී (PTC වර්ගයේ), එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස පරිපථ මාර්ගයේ ධාරා ඉබේම අඩු වේ. මෙය ධාරාව නියාමනය (current regulation) වීමකි. ස්වයංතාපනය තර්මිස්ටර් එකක් සාමාන්‍ය ආකාරයෙන් යොදාගෙන ඇති විට එහි ක්‍රියාකාරිත්වයට බාධාවක් ඇති කළද, ඉහත පැහැදිලි කළ ආකාරයට එය ධාරාව නියාමනය කිරීමට භාවිතා කළ හැකි බවද පේනවා නේද? මෙලෙස තර්මිස්ටර් යෙදීම self-heated mode ලෙස හැඳින්විය හැකියි.

තර්මිස්ටර් හැරුණහම උෂ්ණත්වයට සංවේදී (එනම් උෂ්ණත්වය මැනිය හැකි හෝ උෂ්ණත්ව වෙනස්කම් මත ට්‍රිගර් වන) තවත් උපාංග වර්ග ඇත. Thermocouple යනු සුලභ එවැනි උපාංගයකි. මෙහි පදනම වන්නේ තවත් අපූරු භෞතික විද්‍යා න්‍යායයකි. එනම්, වෙනස් ලෝහ (කම්බි) දෙකක් එකට අඹරා එතැන රත් කරන විට, එම කම්බි දෙකෙහි නිදහස් කෙළවරවල් දෙකෙහි යම් වෝල්ටියතාවක් හටගනී (පහත රූපය). විද්‍යාවේදී එය thermoelectric effect (තාපවිද්‍යුත් ආචරණය) යන නමින් හැඳින්වේ. (මේ ගැනත් තාපය ගැන තවත් බොහෝ කරුණු වෙනම අතිරේකයක පසුවට දැක්වේ.)

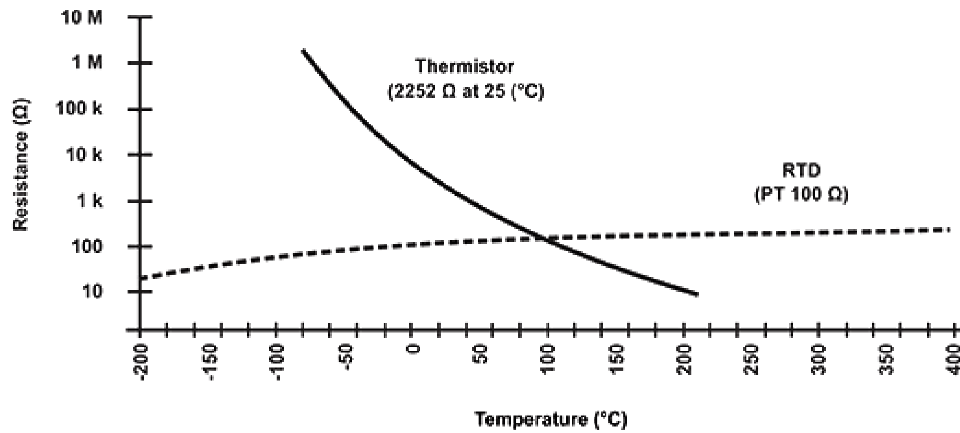



මෙම තාපවිද්‍යුත් ආවරණය තාපයෙන් විදුලිය නිපැදවීමේ ක්‍රමයක් ලෙස මෙන්ම, උෂ්ණත්වය මනින ක්‍රමවේදයක් විදියටද භාවිතා කළ හැකියි. මේවායේ සාමාන්‍ය පෙනුම පහත රූපවල දැක්වේ.



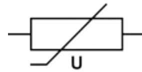


මීට අමතරව, Resistance Temperature Detector (RTD) යනුවෙන්ද තාපයට සංවේදී උපාංගයක් ඇත. මේවා තර්මිස්ටර්වලට වඩා සංවේදිතාව අඩුය; එහෙත් මෙහි බොහෝදුරට රේඛීය ක්‍රියාකාරිත්වයක්ද පෙන්වයි. පහත දැක්වෙන්නේ RTD එකක හා NTC තර්මිස්ටර් එකක හැසිරීම සංසන්දනය කරන ප්‍රස්ථාරයකි.

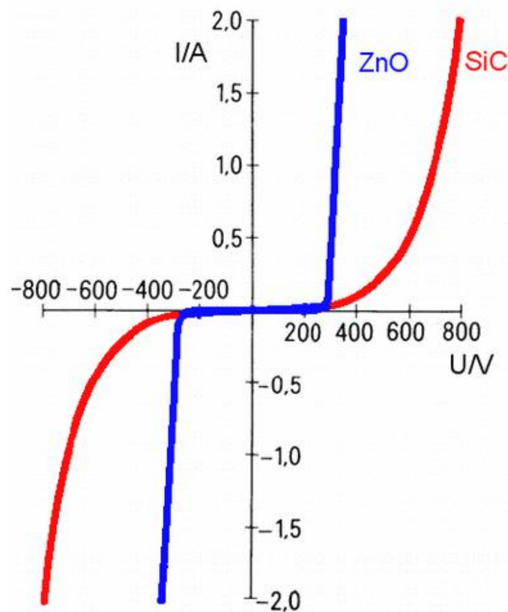



## වැරිස්ටර්

වෝල්ටියතාවට සංවේදී ප්‍රතිරෝධක වර්ගයක්ද තිබේ. එය varistor හෝ VDR (Voltage Dependent Resistor) යන නමින් හැඳින්වේ. වැරිස්ටර් එක දෙපස ඩ්‍රොප් වී ඇති වෝල්ටියතාව වැඩිවන විට, එහි ප්‍රතිරෝධය අඩුවේ. එනිසා අධික වෝල්ටයතාවකින් විදුලි උපාංග ආරක්ෂා කිරීමේ ආරක්ෂිත මෙවලමක් ලෙස වැරිස්ටර් භාවිතා කළ හැකියි නේද? විවිධ හැඩවලින් මේවා මිලදී ගත හැකියි. එහි සංකේතය පහත දැක්වේ.




මේවා සාමාන්‍යයෙන් අධික ප්‍රතිරෝධයක් සහිතවයි නිපදවා තිබෙන්නේ. මෙහි අධික ප්‍රතිරෝධකතාව නිසා සාමාන්‍ය වෝල්ටියතා පරාසය තුළ ඒ තුළින් ගලා යන්නේ ඉතාම කුඩා නොසලකා හැරිය හැකි තරමේ ධාරාවකි. එහෙත් එහි වෝල්ටියතාව යම් අගයකට වඩා වැඩි වූ විට, එකවරම ප්‍රතිරෝධය විශාල ප්‍රමාණයකින් අඩුවේ. මෙම විශේෂ වෝල්ටියතාව threshold voltage හෝ breakdown voltage (බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාව) හෝ clamping voltage ලෙස හැඳින්වේ. විවිධ බිඳවැටුම් වෝල්ටියතා අගයන් සහිත වැරිස්ටර් තිබේ. එහි ක්‍රියාකාරිත්වය පහත ප්‍රස්ථාරයෙන් හොඳින් නිරූපණය කෙරේ. යම් උපාංගයක මූලික ක්‍රියාකාරිත්වය පෙන්නුම් කරන මෙවැනි ප්‍රස්ථාර **ලාක්ෂණික ප්‍රස්ථාර (characteristic curves/graphs)** ලෙස හැඳින්වෙනවා. පහත දැක්වෙන්නේ වැරිස්ටර් වර්ග දෙකක ලාක්ෂණික වක්‍ර දෙකක් එකම ප්‍රස්ථාරය තුළ. එක් වැරිස්ටරයක් නිපදවා තිබෙන්නේ සින්ක් ඔක්සයිඩ් (ZnO) වලින් වන අතර, අනෙක සිලිකන් කාබයිඩ් (SiC) වලින් නිපදවා ඇත. සින්ක් ඔක්සයිඩ් (හා වෙනත් ලෝහවල ඔක්සයිඩ්) වලින් නිපදවා තිබෙන වැරිස්ටර් MOV (Metal Oxide Varistor) ලෙසද හැඳින්වෙනවා. බලන්න ඒ දෙක සංසන්දන කර. ප්‍රස්ථාර බලා සංසන්දනය කර වැදගත් තොරතුරු දැනගැනීමේ දක්ෂතාව ඔබ සතු කරගත යුතුය.



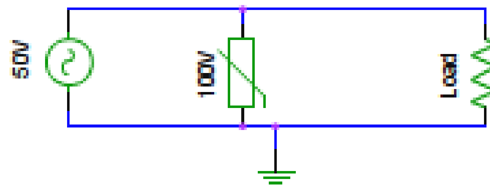

නිල්පාටින් ඇති සින්ක් ඔක්සයිඩ් වැරිස්ටරයේ බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාව ආසන්න වශයෙන් වෝල්ට් 300 පමණ වේ. වැරිස්ටරයට වෝල්ටියතාවේ ධන සෘණ බේදය බලපාන්නේ නැහැ. ධන පැත්තෙත් සෘණ පැත්තෙත් ප්‍රස්ථාරය එකම ක්‍රියාකාරිත්වය පෙන්වීමෙන් එය ඔප්පු කරනවා. සාමාන්‍ය (බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාවන්ට ළං නොවුණු) වෝල්ටියතාව යටතේ ඒ හරහා ගලා යන ධාරාව 0 යි (ඇත්තටම ඉතාම කුඩා ධාරාවක් ගමන් කරනවා; නමුත් අප එය එතරම් ගණන් ගන්නේ නැත). ධාරාව බිංදුව වීමට හේතුව වැරිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධය ඉතාම ඉහළ අගයක් ගැනීමයි. වැරිස්ටරය දෙපස එක් අග්‍රයක වෝල්ට් බිංදුවත් අනෙක් අග්‍රයේ වෝල්ට් 300 ත් තිබීමෙන් එකවරම එය බිඳවැටී අධික ධාරාවක් ගැලීමට පටන් ගනී. ඒ කියන්නේ වැරිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධය එකවරම අඩු වී ඇත. ඒ විතරක්ද නොවේ; වැරිස්ටරයේ දෙපස ඉහත ඩ්‍රොප් වූ වෝල්ටියතාවේ, වෝල්ට් බිංදුව හා වෝල්ට් 200 මාරුවී එම වැරිස්ටරයට දෙපසට ඩ්‍රොප් වූයේ නම්, එවිටත් එය බිඳවැටේ. මෙය තමයි ප්‍රස්ථාරයේ සෘණ පැත්තෙන් පෙන්නුම් කරන්නේ. වැරිස්ටරයක් වෝල්ටියතාවේ ධන සෘණ ගණන් ගන්නේ නැහැ කියා ඉහත කීවේ මෙම හැසිරීම තමයි. සිලිකන් කාබයිඩ් වැරිස්ටරයද එවැනිම හැසිරීමක් දක්වයි; නමුත් එහි බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාව (ධන හා සෘණ) 400 ක් පමණ වේ.

වැරිස්ටරයක සැලකිය යුතු මූලිකම ලක්ෂණය/අගය තමයි ක්ලැම්පිං වෝල්ටේජ් එක. ක්ලැම්පිං වෝල්ටයතාව තුළ සිටින විට ඒ හරහා ගලන්නේ ඉතාම කුඩා ධාරාවක් බව පෙර සඳහන් කළා; එම ධාරාව standby current යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. වෝල්ටියතාව ක්ලැම්පිං වෝල්ටේජ් එකට වඩා වැඩි වූ විට, එය බිඳවැටී විශාල ධාරාවක් ගැලීමට පටන් ගන්නවා; එසේ ගලා යා හැකි උපරිම ධාරාව peak current යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. මෙම පීක් ධාරාවට වඩා අඩු ධාරාවක් ඒ තුළින් ගමන් කිරීමට පරිපථය සැලසුම් කළ යුතුයි (වෙනත් සුදුසු අගයකින් යුත් ප්‍රතිරෝධකයක් යොදා).

වැරිස්ටර් බොහෝවිට බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාව ඉක්මවා (ඒ කියන්නේ එතුලින් අධික ධාරාවක් ගමන් කරමින්) බොහෝ වේලාවක් ක්‍රියාකාරිව තබන්නේ නැත. ඒ කියන්නේ මෙය සුදුසු වන්නේ pulse (හෝ surge හෝ shock) අවශෝධනය කිරීම සඳහාය. ඉඳහිට (අකුණු ගැසීම හෝ ෂෝට් වීමක් හෝ එවැනි කරුණක් නිසා) එකවර සුලු මොහොතකට පමණක් වැඩිවන වෝල්ටියතාවන් පවතින අවස්ථාවකට මේවා කදිමයි. මිලිතත්පරයක් වැනි කුඩා කාලයක් සඳහා එලෙස ඉතා අධික වෝල්ටියතාවක් ඇතිවන විට ඊට අප පල්ස් එකක් හෝ සර්ජ් එකක් හෝ ෂොක් එකක් කියා කියනවා. පල්ස් අවස්ථාවක පවතින අධික වෝල්ටියතාව හා එම අවස්ථාවේදී ගලා යන අධික ධාරාව යන දෙකෙහි ගුණිතය යනු එම සුලු කාලය තුල මෙම උපාංගය මුහුණ දෙන ශක්තිය වේ (එය ජූල් ඒකකයෙන් මැනේ). සාමාන්‍යයෙන් විදුලියේදී අප මනින්නේ ජවය (වොට් වලින්) නමුත්, මෙහිදී එය වලංගු නැත. ඊට හේතුව, ජවය යනු තත්පර එකකදී වැය කරන ශක්තියයි. එහෙත් පල්ස් එකකදී අප කතා කරන්නේ

මයික්‍රොතත්පරය, මිලිතත්පරය වැනි ඉතා කුඩා කාලයන්ය. එවිට එය (සාමාන්‍ය) ශක්තිය මනින ආකාරයට මැනේ (ජවය මනින ආකාරයට නොවේ). වැරිස්ටරයක් පිලිස්සෙන්නේ නැතිව පල්ස් අවස්ථාවක සපෝට් කළ හැකි උපරිම ශක්ති ප්‍රමාණය maximum pulse energy හෝ joule rating ලෙස හැඳින්වෙනවා. වැඩි කාලයක් පුරාවට අධික වෝල්ටියතා පවතින අවස්ථා සඳහා වැරිස්ටර් යොදන්න එපා. ඒ සඳහා සුදුසු සෙනර් ඩයෝඩ වැනි වෙනත් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග ඇත.

මෙම උපාගයේ ස්වභාවය නිසා, වැරිස්ටර් පරිපථයක සාමාන්‍යයෙන් යොදන්නේ පෙර අවස්ථාවල මෙන් විභව බෙදුම් පරිපථයක ස්වරූපයෙන් නොවේ. එය සාමාන්‍යයෙන් යොදන්නේ පහත ආකාරයෙන්ය (විදුලිය ගමන් කරන මාර්ගයට සමාන්තරගතව). මෙවැනි පරිපථ කොටසක් "ෂන්ට් සර්කිට්" ලෙස හැඳින්වෙනවා (ඇත්තටම shunt යනු සමාන්තරගත යන්නටම කියන තවත් සමාන වචනයකි). මෙහි Load යනුවෙන් නිරූපණය කර ඇත්තේ පරිපථයේ සෙසු සියල්ලයි.




ඉහත දක්වා ඇති වැරිස්ටරයේ ක්‍රියාකාරිත්වය සිහියට ගතහොත් මෙය පහසුවෙන්ම තේරුම් ගත හැකියි. විදුලිය ගමන් කරන්නේ තිරස්ව පෙන්වා ඇති මාර්ගය ඔස්සේය. වැරිස්ටරය සම්බන්ධ කර තිබෙන්නේ ඊට සමාන්තරවයි. ඒ කියන්නේ ධන ලයින් එක හා ග්‍රවුන්ඩ් ලයින් එක අතරටය. එය සාමාන්‍ය වෝල්ටියතා පරාසය තුළ තිබෙන තාක් කල් වැරිස්ටරය හරහා ගලා යන ධාරාව ගණන් ගත නොහැකි තරම් කුඩාය. කොටින්ම කියතොත් ඒ හරහා ධාරාවක් නොගලයි. ඒ කියන්නේ වැරිස්ටරය තිබුණත් නැහැ වගේය. එහෙත් මෙහි ප්‍රයෝජනය පෙනෙන්නේ එකවර වෝල්ටියතාව වැඩි වූ විටය (සර්ජ් එකකදී). වැරිස්ටරය නොතිබුණේ නම්, එම වෝල්ටියතාව නිසා පරිපථයම පිලිස්සී යාවි. එහෙත් වැරිස්ටරය තිබෙන නිසා එසේ නොවේ. එම අධික වෝල්ටියතාව වැරිස්ටරයේ බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාවට වඩා වැඩිය. එවිට එකවරම වැරිස්ටරය ක්‍රියාත්මක වේ. ඒ කියන්නේ වැරිස්ටරය හරහා දැන් අති විශාල ධාරාවක් ගලා ගොස් ග්‍රවුන්ඩ් ලයින් එකට යොමු කර එම අධික ධාරාව/විදුලිය නිශ්ක්‍රිය කරයි.

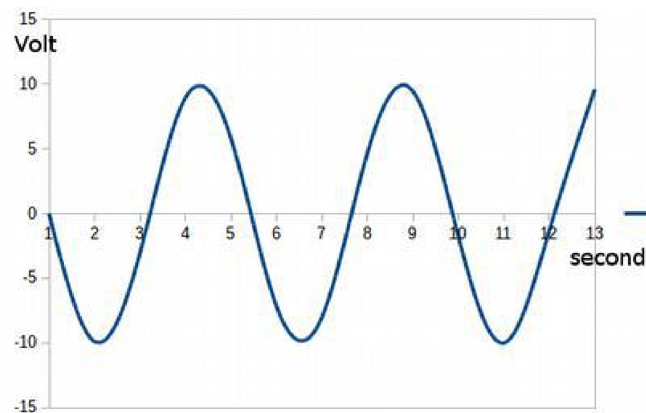
නිතර නිතර වැරිස්ටරය බිඳවැටෙන විට පරිපථ ඉන් ආරක්ෂා වුවද, එය වැරිස්ටරයේ ආයු කාලය අඩු කරනවා. එවිට, එන්න එන්නම වැරිස්ටරයේ බිඳවැටුම් වෝල්ටියතා අගය අඩු වෙනවා. එය එතරම් හොඳ දෙයක් නොවේ නේද? මෙලෙස වැරිස්ටරයේ බිඳවැටුම් වෝල්ටියතාව එහි මුල් අගයෙන් 10%ක් පමණ අඩු වූ විට, එම වැරිස්ටරය ඉවත් කිරීම සුදුසුය. උදාහරණයක් ලෙස, වැරිස්ටරයේ මුල්/නියම බිඳවැටීම් වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 100 වූවා නම්, කාලයත් සමග එය 90 දක්වා අඩු වූයේ නම්, එම වැරිස්ටරය එතැනින් ඉවත් කරන්න. තවද, වැරිස්ටරයේ එනර්ජි රේටිං එක වැඩි විට, ආයුකාලයද වැඩි වේ. එනිසා, නිතර නිතර වැරිස්ටර් මාරු කිරීම අවම කිරීමට වැඩි එනර්ජි රේටිං එකක් සහිත වැරිස්ටර් එකක් යෙදියද හැකියි.

මීට අමතරව චුම්භක ක්ෂේත්‍ර, පීඩනය ආදී වෙනත් භෞතික ගුණයන්ටද සංවේදී වන සේ සෑදූ රෙසිස්ටර් වර්ග ඇත. ඉදිරියේදීත් තව තවත් දේවලට සංවේදීවන ආකාරයන්ද නිපදවිය හැකියි. එය එතරම් ලොකු දෙයක් නොවේ. ඉහත විස්තර හොඳින් මතකයි නම්, මෙවැනි ඕනෑම සංවේදී රෙසිස්ටරයක් සමග පහසුවෙන් වැඩ කිරීමට සුරුකම ලැබෙනවා. කාබන් මයික්‍රෆෝන් එක යනු ඇත්තටම ශබ්දය (වායු පීඩනය) අනුව විචලය වන ප්‍රතිරෝධයකි. එහෙත් එය අප කිසිදිනක ප්‍රතිරෝධයක් ලෙස දකින්නට පුරුදුව නැහැ නේද? (කාබන් මයික් එක ශබ්දය අනුව විචලනය වන ප්‍රතිරෝධයක් වුවත් කන්ඩෙන්සර් මයික් එක එසේ නොවේ; ඒ කියන්නේ සියලු මයික් එක වගේ නොවේ. යම් භෞතික ගුණයකට හැමවිටම විචලනය විය යුත්තේ ප්‍රතිරෝධි අගයයි, එය සංවේදී ප්‍රතිරෝධයක් ලෙස සැලකීමට අවශ්‍ය නම්.) එලෙස දැනටමත් වෙළඳපොලේ ලබාගත සංවේදී රෙසිස්ටර් තිබිය හැකියි.

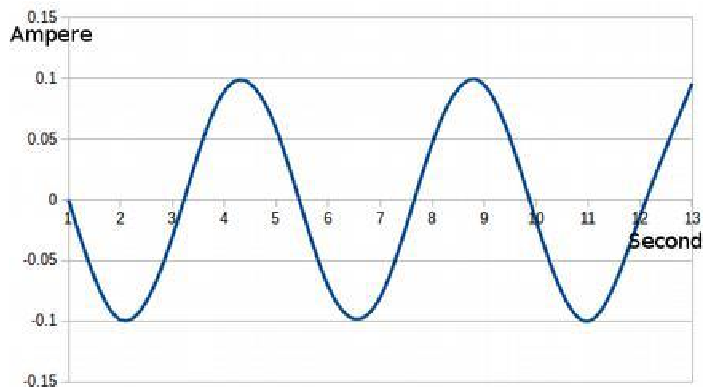
# ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා යන විදුලියක ධාරාව හා විභවය අතර සම්බන්ධතාව (phase)

ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා විදුලියක් ගමන් කරන විට, ඕම් නියමය අනුව ධාරා හා වෝල්ටියතා මට්ටම් පවත්වාගෙන යන බව ඔබ හොඳින් දන්නවා. උදාහරණයක් ලෙස, ඕම් 100 රෙසිස්ටරයක් හරහා වෝල්ට් 10 ක විදුලියක් පවතින විට, ධාරාව ඇම්පියර් 0.1 ක් හෙවත් මිලිඇම්පියර් 100 ක් වේ. මෙම කොටසින් මා පෙන්වා දෙන්නට හදන්නේ විභවය හා ධාරාව අතර පවතින තවත් වැදගත් සම්බන්ධතාවක්. එම සම්බන්ධතාව "කලාව" (phase) යනුවෙනුයි හැඳින්වෙන්නේ. කලාව පෙන්වීමට ඇති හොඳම මෙවලම ප්‍රස්ථාරයි.

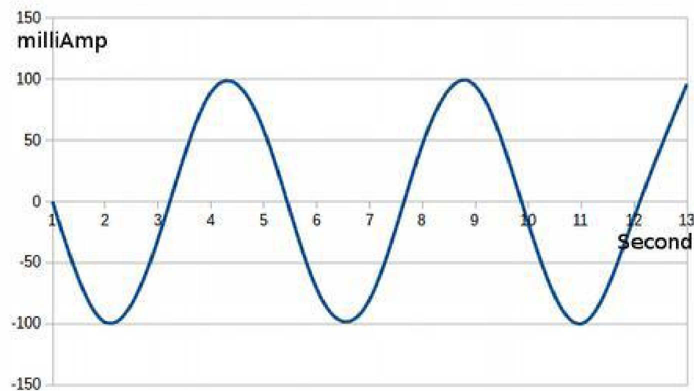
ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගලා යන විදුලියේ විභවය නියත ස්ථාවර (steady) විදියට හෝ නිරන්තරයෙන්ම වෙනස්වන ආකාරයට පැවතිය හැකියි. එම වෝල්ටියතාවන් කාලයට සාපේක්ෂව ප්‍රස්ථාර ගත කළ විට, ඔබට පෙනෙන්නේ එම වෝල්ටියතාවේ හැඩයයි. ඒ කියන්නේ, කාලය x අක්ෂයට ගෙන අඳිනු ලබන මෙවැනි ප්‍රස්ථාරයක් කියන්නේ යම් කාල පරාසයක් පුරාවටම වෝල්ටියතාව විචලනය වූයේ කෙසේද යන්නයි. පහත රූපය බලන්න.



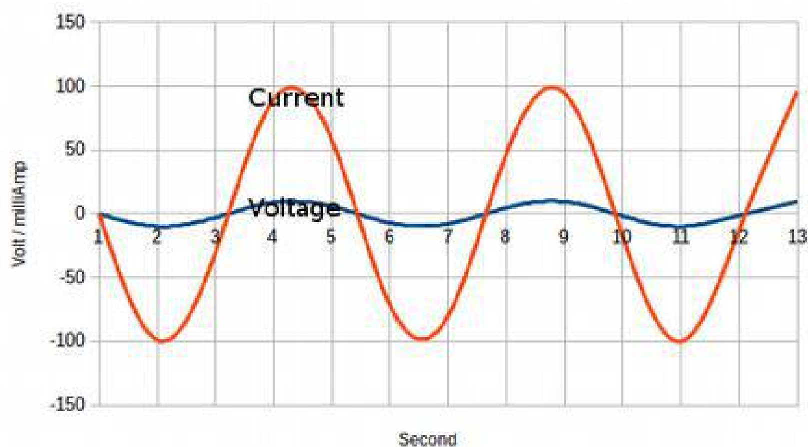

මෙය ඕම් 100 ක ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා විදුලිය ගමන් කිරීම පිළිබඳ ප්‍රස්ථාරයකි. දැන් ඉහත ප්‍රස්ථාරයේ යම් ස්ථානයක් බලන්න. එතැන වෝල්ටියතාව 5 වේ යැයි සිතමු. එවිට, මෙම අවස්ථාවේ ධාරාවේ අගය කීයද? එය ඕම් නියමය (V=IR) ඇසුරින්, 5/100 හෙවත් ඇම්පියර් 0.05 වේ. මේ ලෙසම, අනෙක් තැන්වලත් ධාරාවන් ගණනය කළ හැකියි. කොටින්ම කියතොත්, ඉහත විභවයක් පෙන්නුම් කරන සෑම තැනක් සඳහාම ධාරාවක් ගණනය කළ හැකියි. දැන් අපි ඉහත කාල-විභව ප්‍රස්ථාරයට අදාළව, කාලයත් සමග ධාරාව වෙනස්වන අයුරු පහත ප්‍රස්ථාරයෙන් නිරූපණය කරමු.



පළමු ප්‍රස්ථාරයේ x අක්ෂය තත්පරවලින් හා y අක්ෂය වෝල්ට්වලින් ක්‍රමාංකණය කර ඇත. දෙවැනි ප්‍රස්ථාරයේ x අක්ෂය තත්පරවලින් හා y අක්ෂය ඇම්පියර්වලින් ක්‍රමාංකණය කර ඇත. ප්‍රස්ථාරය පැහැදිලිව දිස්වන අයුරින් සුදුසු ඒකකවලින් ක්‍රමාංකණය කිරීමේ අයිතිය ඇත්තේ ඔබටය (ප්‍රස්ථාරය සකස් කරන කෙනාට). දෙවැනි ප්‍රස්ථාරයේ y අක්ෂය සඳහා ඇම්පියර් වෙනුවට මිලිඇම්පියර් භාවිතා කිරීමටද පුලුවන්. ඊට හේතුව මෙම උදාහරණය සඳහා අපට ඇම්පියර් දශම ගණන් පමණක් හමුවන නිසාය. දශම ගණන් ලිවීම කරදරයකි. එමනිසා මිලිඇම්පියර් ගැනීම පහසුය (ඉහත දෙවැනි ප්‍රස්ථාරයම y අක්ෂයට මිලිඇම්පියර් ගැනීමෙන් පහත රූපය ලැබේ). බලන්න; ප්‍රස්ථාරයේ මූලික හැඩයට කිසිදු වෙනසක් සිදු වී නැත.




ප්‍රස්ථාර දෙකෙහිම x අක්ෂය සඳහා ගෙන ඇත්තේ එකම ඒකකය වන තත්පරයයි. එනිසා කැමති නම්, එම ප්‍රස්ථාර දෙකම එකම ප්‍රස්ථාරයක (ඛණ්ඩාංක තලයක) ඇඳිය හැකියි (පහත රූපය).




මෙහි කාලය අක්ෂය (ඒ කියන්නේ x අක්ෂය) දෙකටම පොදුය. වෙනස් වන්නේ y අක්ෂය වේ. එක ප්‍රස්ථාර වක්‍රයක් සඳහා එය වෝල්ටියතාව නියෝජනය කරන අතරම, අනෙක සඳහා එය මිලිඇම්පියර් නියෝජනය කරයි (එම රාශි දෙකම එම අක්ෂය මත ලකුණු කර තිබේ). මෙලෙස ප්‍රස්ථාර කිහිපයක් එකට ඇඳීමේ වාසියක් තිබේ. එනම්, එම ප්‍රස්ථාර එකිනෙකට සාපේක්ෂව හැසිරෙන්නේ කෙසේද යන්න ඉතා පහසුවෙන් සංසන්දනය කළ හැකියි. බලන්න ඉහත ප්‍රස්ථාරයේ වෝල්ටියතාව හා ධාරාව අතර එකිනෙකට සාපේක්ෂව පවත්වාගෙන යන සම්බන්ධතාව. එය චිත්‍රමය ස්වරූපයෙන් පෙනෙන නිසා, පහසුවෙන්ම තේරුම්ගත හැකියි නේද?

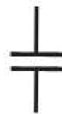
ඉහත ප්‍රස්ථාරය අනුව පෙනෙනවා වෝල්ටියතාව 0 වන විට, ධාරාවද 0 වනවා; වෝල්ටියතාව අඩුවන විට, ධාරාවද සමානුපාතිකව අඩු වෙනවා; වෝල්ටියතාව ධන වන විට ධාරාවද ධන වෙනවා; විභවය උපරිම අගය ගන්නා විට, ධාරාවද උපරිම අගය ගන්නවා; ඒ කියන්නේ විභවය කරන කරන දේ ධාරාවද

ඊට අනුරූපව සිදු කරනවා (මේ සියල්ලම ඕම් නියමය මඟින් පහසුවෙන් ගණනය කර පෙන්වන්න පුලුවන්). මෙවැනි සම්බන්ධතාවකදී අප කියනවා විභවය හා ධාරාව අතර කිසිදු කලා වෙනසක් (phase difference) නැහැ කියා. ඒ කියන්නේ විභවය හා ධාරාව පවතින්නේ ''සම-කලාවෙන්'' (in-phase). තවත් විදියකින් කියන්නේ නම් ඒ දෙක ගමන් කරන්නේ එකටය. ඒ අනුව, ප්‍රතිරෝධකය යනු සම-කලා උපාංගයක්. ධාරිත්‍රක, ඉන්ඩක්ටර් වැනි තවත් උපාංග තිබෙනවා මෙවැනි සම-කලා සම්බන්ධතා නොපවත්වන. එහිදී විභවය හා ධාරාව එකට ගමන් කරන්නේ නැත. උදාහරණයක් ලෙස, විභවය ශූන්‍යට පැමිණ යම් කාලයකට පසුවයි ධාරාව ශූන්‍ය වන්නේ. මෙවැනි ''විෂම-කලා'' අවස්ථාවන් ඒ ඒ උපාංගය ගැන අධ්‍යනය කරන විට පෙන්වා දෙන්නම්.

විදුලියේදී හා ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල විභවය හා ධාරාව අතර පවතින කලා වෙනස ඉතාම වැදගත්ය. ප්‍රතිරෝධකයක් ශක්තිය තාප උත්සර්ජනය මඟින් හානි කරන බව ඉහතදී ඉගෙන ගත්තා මතකද? එම තාප උත්සර්ජනය $P = I^2R = V^2/R = IV$ යන සූත්‍ර ඇසුරින් ගණනය කරන බවත් ඔබ දන්නවා. මෙම සූත්‍රය කිසිදු සංශෝධනයක් නොමැතිව ඒ ආකාරයෙන්ම ඇත්තටම වලංගු වන්නේ ප්‍රතිරෝධකය සම-කලා උපාංගයක් නිසා. නිකමට සිතන්න එය සම-කලා නොවේ කියා. උදාහරණයක් ලෙස, සිතන්න වෝල්ටියතාව යම් උපරිම අගයක් ගන්නා විට, ධාරාව ශූන්‍ය වෙනවා කියා. එවිට ඉහත සූත්‍රය ඇසුරින්, P = VI = (උපරිම විභව අගයක්) x 0 = 0 වේ. ඒ කියන්නේ එම අවස්ථාවේදී එම සූත්‍රය අනුව තාප උත්සර්ජනය ශූන්‍යයි. එක් එක් අවස්ථාවලදී එම සූත්‍රයෙන් ලැබෙන්නේ විවිධ අගයන්ය. එනම්, එම සූත්‍රය සරලව ඒ ආකාරයෙන්ම භාවිතා කරන්නට නොහැකි වෙනවා නේද? ඇත්තටම කැපැසිටර් හා ඉන්ඩක්ටර්වල සිදුවන්නේ මෙයයි. ඒවායේ තාප උත්සර්ජනයක් ඇති නොවේ. ඊට හේතුව ඒවා විෂම-කලා උපාංග වීමයි. මේ ගැන තවදුරටත් ඉතාම නිවැරදිව වැටහේවි කැපැසිටර් ගැන ඉගෙන ගන්නා විට (ඉදිරියේදී). මෙතකින් ප්‍රතිරෝධ ගැන පාඩම අවසන් වේ.

# ධාරිතාව හා කැපැසිටර්

ධාරිතාව යන්නෙහි සාමාන්‍ය තේරුම නම් යම් දෙයක් රඳවා තබා ගැනීමේ (ගබඩා කර ගැනීමේ) ප්‍රමාණය/හැකියාව යන්නයි. එම තේරුමින් ඉංග්‍රිසියෙන් ධාරිතාවට කියන්නේ capacity කියාය. එලෙසම ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල (යම් උපාංගයක් විසින්) ඉලෙක්ට්‍රෝන/ආරෝපන රඳවා ගැනීමේ හැකියාවට කියන්නේද ධාරිතාව කියාය. මෙම අර්ථයෙන් ගත්විට එය ඉංග්‍රිසියෙන් capacitance (කැපැසිටි නොවේ) යන නමින් හැඳින්වේ. මෙම ක්‍රියාකාරිත්වය (එනම් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගබඩා කිරීම) සඳහාම නිපදවා තිබෙන උපාංගය ධාරිත්‍රකය වේ. එය ඉංග්‍රිසියෙන් capacitor හෝ condenser යන නමින් හැඳින්වේ (දැන් දැන් කන්ඩෙන්සර් යන නම අභාවයට යමින් පවතී). එහි සාමාන්‍ය සංකේතය පහත දැක්වේ.

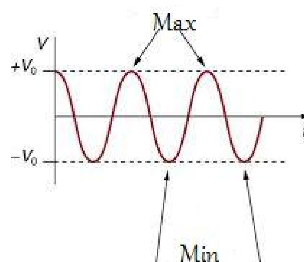


එක වාක්‍යයකින් කැපැසිටර් එකක මූලික රාජකාරිය කියන්නේ කෙලෙසද?

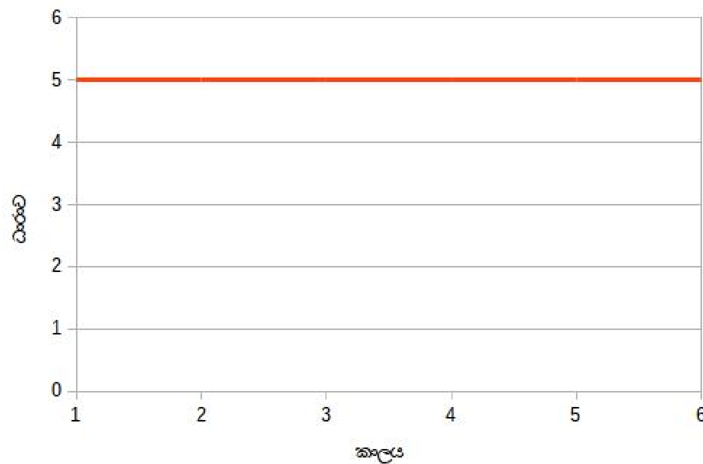
**"විචලනය වන විදුලියකට පමණක් තමන් හරහා ගමන් කිරීමට ඉඩදී, ස්ථාවර විදුලියට තමන් හරහා ගමන් කිරීමට ඉඩ නොදෙන උපාංගයකි ධාරිත්‍රකය."**

බොහෝ අය (මාද ඇතුලුව) බොහෝ පොත්වල ඉහත වාක්‍ය මෙලෙසද ලියා තිබෙනවා - "ඒසී විදුලියට ගමන් කිරීමට සලස්වා, ඩීසී විදුලිය අවහිර කරන උපාංගයකි." බැලූබැල්මට මෙම අර්ථකථනය, ඊට පෙර ලබාදුන් අර්ථකථනයට සමාන බවක් පෙනේ. එහෙත් මෙම දෙවැනි වාක්‍ය එතරම් නිවැරදි නොවේ. ඊට හේතුව බලමු.

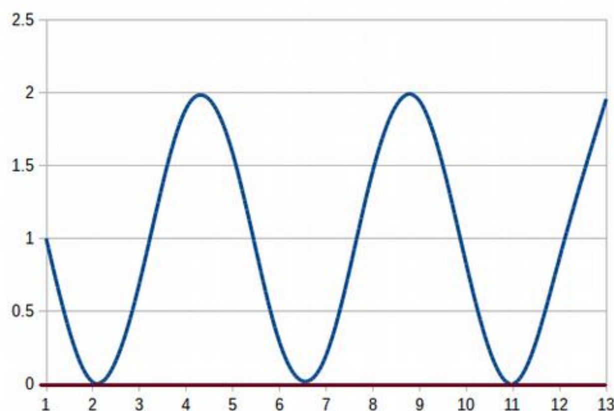
මෙහි වෙනස වටහගැනීමට ඒසී හා ඩීසී දෙකෙහි සැබෑ තත්වය දත යුතුය (පළමු පොතෙහි මේ ගැන සවිස්තරාත්මකව ඇත). නැවතත් කෙටියෙන් ඒ ගැන විමසමු. ඒසී විදුලියක් යම් සන්නායකයක් දිගේ ගමන් කරන විට, විදුලිය යම් කාලයක් තුළ එක් පැත්තකට ගමන් කර, ඉන්පසු යම් කාලයකට ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ පැත්තට ගමන් කරයි. මෙලෙස මාරුවෙන් මාරුවට පැත්ත මාරු වෙමින් තමයි එම විදුලිය ගමන් කරන්නේ. එනිසයි ඊට ප්‍රත්‍යාවර්ථ විදුලිය (Alternating Current) යන නම ලැබී තිබෙන්නෙත්. එය ප්‍රස්ථාරයක අඳින විට, එක් පැත්තකට ගමන් කරන විදුලිය x අක්ෂයෙන් උඩද, අනෙක් (ප්‍රතිවිරුද්ධ) පැත්තට ගමන් කරන විදුලිය x අක්ෂයෙන් යටද ඇඳීමෙන් තමයි ප්‍රස්ථාරයේදී විදුලිය ගමන් කරන දිශා දෙක වෙන් වෙන්ව නිරූපණය කරන්නේ. ඉතිං ප්‍රස්ථාරයක x අක්ෂයට උඩින් හා යටින් කොටස් තිබෙන සේ ඇඳ තිබෙන විදුලියක් අනිවාර්යෙන්ම ඒසී වේ. එය ප්‍රස්ථාරමය/රූපමය අර්ථ දැක්වීමක්. සැබෑ අර්ථ දැක්වීම වන්නේ විදුලිය වරින් වර දිශා මාරු කරමින් ගමන් කරයි නම් එය ඒසී විදුලිය ලෙස සැලකිය යුතුය යන්න. වරින් වර දිශාව මාරු කරන නිසාම, මෙම විදුලියේ හැඩය නිතරම වෙනස් වේ. ඒ කියන්නේ ඒසී විදුලිය යනු **අනිවාර්යෙන්ම** "විචලනය වන විදුලියක්". පහත දැක්වෙන්නේ බහුලවම හා ස්වාභාවිකව දක්නට ලැබෙ ඒසී විදුලි ප්‍රස්ථාරයක පෙන්වන ආකාරය.



ඩීසී විදුලියක් යනු එක පැත්තකට පමණක් ගමන් කරන විදුලියක්. මෙහි එක් සුවිශේෂී අවස්ථාවක් තමයි, නියතව ඒකාකාර අගයකින් යුතු විදුලිය (steady DC). ඒ කියන්නේ වෝල්ට් 5 නම්, එම වෝල්ට් 5 දිගටම නොවෙනස්ව පවතිනවා (වෝල්ටියතාව වෙනුවට ධාරාව වුවද සැලකිය හැකියි). පහත රූපය බලන්න.




එහෙත් සැරින් සැරේට අගය වෙනස් වන (එනම් ස්ථාවර නොවන) විදුලියක් තිබෙන්නට පුලුවන් එකම දිශාවට ගමන් කරමින්ම. ප්‍රස්ථාරයකින් බැලූවිට එහි හැඩය කුමක් වුවත්, එය තිබෙන්නේ x අක්ෂයට උඩින් විතරක් (හෝ යටින් විතරක්) නම්, එය ඩීසී වේ. විදුලිය තවමත් එකම දිශාවට ගමන් කරන නිසා එය අනිවාර්යෙන්ම ඩීසී විදුලියකි. පහත රූපය බලන්න. මෙහි හැඩය සයිනාකාර වුවත්, හැඩයට රැවටෙන්න එපා. එය සම්පූර්ණයෙන්ම පිහිටා තිබෙන්නේ x අක්ෂයට ඉහළ කොටසේ බව පේනවා. (x අක්ෂය යනු y අක්ෂයේ 0 ස්ථානය හරහා තිරස්ව යන රේඛාවයි; පහත රූපයේ රතු පාටින් එය දැක්වේ.)



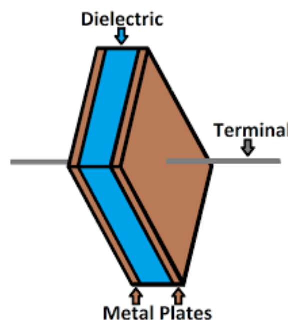

එහෙත් එය "විචලනය වන විදුලියකි". ඒ කියන්නේ ඒසී හා ඩීසී යන අවස්ථා දෙකෙහිම "විචලනය වන විදුලිය" පැවතිය හැකියි. අර්ථ දැක්වීම් දෙකෙහි වෙනස දැන් වටහාගන්න. ඒසී විදුලිය පමණක් යැමට සලස්වන උපකරණයක් ලෙස එය සැලකූ විට, විචලනය වන ඩීසී විදුලියද ඒ අනුව ධාරිත්‍රකය හරහා ගමන් කිරීමට බැහැ කියා සිතෙනවා නේද? එහෙත් විචලනය වන විදුලියට පමණක් යැමට අවසර දෙනවා යැයි කීවිට ඒසී හා විචලනය වන ඩීසී යන අවස්ථා දෙකම ඉන් ආවරණය වෙනවා නේද?

දැන් අපි බලමු කැපැසිටර් එකක් එසේ විචලනය වන විදුලියක් පමණක් ගමන් කරවන්නේ කෙසේද කියා. ඊට පෙර සාමාන්‍යයෙන් කැපැසිටර් එකක් සාදා තිබෙන ආකාරය බලමු. කැපැසිටරයක් සාදාගන්නේ යම් සන්නායක තහඩු දෙකක් එකිනෙකට ස්පර්ශ නොවන නමුත් ඉතා ළඟින් තැබීමෙනි. එය හරියට පාන් පෙති දෙකක් සිහින් චීස් පෙත්තකින් වෙන් කර තිබෙනවා බඳුයි. චීස් හෝ වෙනත් දෙයක් මැදිකොට පාන් පෙති දෙකක් ඇති විට, ඊට sandwich එකක් කියා කියනවා නේද? ඇත්තටම

මෙම සැන්ච්විච් යන වචනය භාවිතා කෙරෙනවා එලෙස යම් දෙයක් මැදිකොට තවත් දේවල් දෙකක් දෙපැත්තේ තිබෙන ඕනෑම අවස්ථාවක් සඳහා.



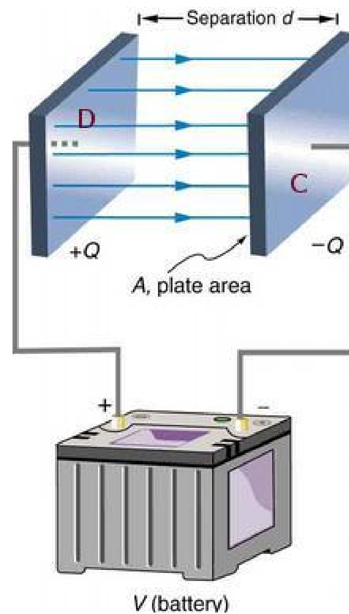
ඒ අනුව, කැපෑසිටර් එකක් පවතින්නේද සැන්ච්විච් එකක් ආකාරයෙනි. සන්නායක තහඩු (metal plate) දෙකක් මැද වාතය හෝ වෙනත් පරිවාරක ''සිවියක්'' තැබීමෙන් එය සෑදේ. මැද තිබෙන පරිවාරක සිවිය/කොටස dielectric යන නමින් හැඳින්වෙනවා.




සන්නායක තහඩු මත ඉලෙක්ට්‍රෝන තැන්පත් විය හැකියි. එක තහඩුවක් මත රැස්වෙන ඉලෙක්ට්‍රෝන අනෙක් තහඩුවට ගමන් කරන්නේ නැත්තේ එම තහඩු දෙක මැද තිබෙන ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක නිසාය. මෙම විස්තරය හොඳට මතක තබා ගන්න මක්නිසාද ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී අප නොසිතන තැන්වල ධාරිත්‍රක ඉබේම සෑදෙන අතර, ඒ හැම අවස්ථාවකදීම ඉහත රූපයෙන් පෙන්වා දී ඇති ආකාරයට ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකක් මැදිකොට ඇති ඉලෙක්ට්‍රෝන එක් රැස්වන සන්නායක හමුවේ (ඒ ගැන පසුව සලකා බලමු).

සිතන්න දැන් ධාරිත්‍රකයක් පහත ආකාරයට බැටරියකට සම්බන්ධ කළා කියලා. එවිට බැටරියේ ඍණ අග්‍රයේ සිට අතිරික්ත ඉලෙක්ට්‍රෝන වයර් එක ඔස්සේ ගලා ගොස් ධාරිත්‍රකයේ C තහඩුව මතට ක්‍රමයෙන් රැස්වේ. ඉලෙක්ට්‍රෝන යනු ආරෝපණ බැවින්, ඒ කියන්නේ C තහඩුව මත ඍණ ආරෝපණ රැස්වෙන බවයි ඉන් කියන්නේ. ඔබ දන්නවා බැටරියකින් (විදුලි ප්‍රභවයකින්) එක් අග්‍රයකින් ආරෝපණ පිට කරන්නේ එහි අනෙක් අග්‍රයට ඒ සියලු ආරෝපණ නැවත ගලා එන්නේ නම් පමණයි. ඉතිං ඉහත ලෙසට C තහඩුව මතට ඉලෙක්ට්‍රෝන රැස්වන විට, බැටරියේ අනෙක් අග්‍රයට තමන් පිට කළ ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනට සමාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් ඇද ගනී. එම ඉලෙක්ට්‍රෝන එන්නේ කොහි සිටද? එය ගලා එන්නේ ධාරිත්‍රකයේ අනෙක් D තහඩුවේ සිටයි. ඊට හේතුව මෙයයි. C තහඩුව මතට ඉලෙක්ට්‍රෝන ළඟාවන විට, එම තහඩුවේ ඉලෙක්ට්‍රෝන ඝනත්වය වැඩිවේ. එවිට, එම තහඩුවේ ඍණ ගතිය වැඩි වේ. එම අධික ඍණ ගතිය මඟින් අනෙක් D තහඩුව මත තිබෙන ඍණ ඉලෙක්ට්‍රෝන එම තහඩුවෙන් විකර්ෂණය වේ (ඔබ දන්නවා ආරෝපණවලදී සමජාතිය ආරෝපණ එකිනෙකට විකර්ෂණය කරන බව). එසේ ඉලෙක්ට්‍රෝන විකර්ෂණය වීම නිසා එම තහඩුව මත ඍණ ආරෝපණ අඩුවීමෙන්, එහි ධන ගතිය වැඩි වේ. ඒ කියන්නේ දැන් D තහඩුව ධන බවට පත් වේ. ඒ කියන්නේ මෙම තහඩුවේ දැන් ධන ආරෝපණයක් පවතී. මෙසේ විකර්ෂණය වන ඉලෙක්ට්‍රෝන තමයි බැටරියේ අනෙක් අග්‍රයට ගමන් කරන්නේ. ඉතිං සම්බන්ධිත බැටරියේ තිබෙන ''පවර් එක'' අනුව C තහඩුව මතට හැකි උපරිම ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් රැස් වන අතර, ඊට සමාන ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් D තහඩුවෙන් ඉවත්ව යයි. කෙටියෙන් කිවහොත්, එක් තහඩුවක -Q නම් ආරෝපණයක් පවතින විට, අනෙක්

තහඩුවේ +Q ආරෝපණයක් (එනම් අගයෙන් සමාන එහෙත් ලකුණින් විරුද්ධ ආරෝපණයක්) පවතී. බැටරියේ වෝල්ට් ගණන වැඩිවන තරමට ගමන් කරන ඉලෙක්ට්‍රෝන/ආරෝපණ ගණනද වැඩිවේ.

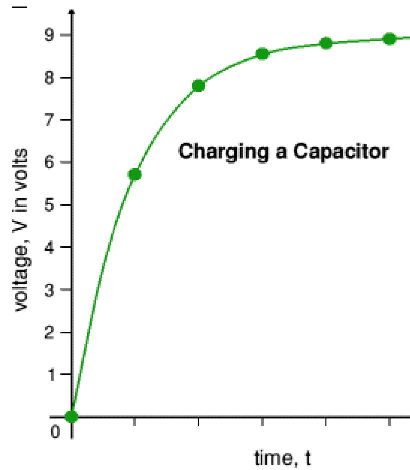



මෙසේ ධාරිත්‍රකයේ තහඩු දෙක මත සෘණ හා ධන ලෙස ධ්‍රැවීකරණයක් (polarization) සිදු වේ. ධ්‍රැවීකරණය කියන්නේ එක ධ්‍රැවයක් (කොනක්/අග්‍රයක්/තහඩුවක්) සෘණ වන අතර, අනෙක් ධ්‍රැවය (pole) ධන වීමයි. මෙවිට, ධාරිත්‍රකය හරියට ගඟක් දෙපස ඇති ඉවුරු දෙකක් බඳුය. මෙවිට තවත් විද්‍යාත්මක සංසිද්ධියක් සිදු වේ. ඒ කියන්නේ කොතැනක හෝ ධන හා සෘණ ලෙස ආරෝපිත ධ්‍රැව දෙකක් එකිනෙකට ළඟින් ඇති විට, ඒ දෙක අතර විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් (electric field) ඇති වේ. සාමාන්‍යයෙන් සම්මතයක් ලෙස, ක්ෂේත්‍රයක් හැමවිටම ඇතිවන්නේ ධන පැත්තේ සිට සෘණ පැත්තට යැයි තීරණය කර තිබෙනවා. එවිට ඉහත රූපයේ පෙන්වා ඇති ආකාරයට ධාරිත්‍රකය තුළ (එනම් ධාරිත්‍රක තහඩු දෙක අතර) විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් පවතිනවා (එය විදුලියට සම්බන්ධ කර තිබෙන විට). ඉහත රූපයේ තහඩු දෙක අතර නිල්පාට ඊතලවලින් දැක්වෙන්නේ ධන සිට සෘණ දක්වා විහිදෙන එම විදුලි ක්ෂේත්‍රයයි. ධාරිත්‍රකය දෙපස පවතින වෝල්ටියාතව වැඩිවන විට, එම විදුලි ක්ෂේත්‍රයද බලගතු වේ.

බැටරියක් (විදුලි ශක්ති ප්‍රභවයක්) ඉහත ආකාරයට ධාරිත්‍රකයකට සම්බන්ධ කළ විට, තහඩු දෙක අතර ධන හා සෘණ ධ්‍රැව ඇති වේ. බැටරියට ධාරිත්‍රකය සවි කළ මොහොතේම C තහඩුව මත ඉලෙක්ට්‍රෝන රැස්වීම පටන් ගනී. ආරම්භයේදී එය උපරිම කාර්යක්ෂමතාවකින්/වේගයකින් සිදු වේ. එහෙත් ටිකෙන් ටික තහඩුව මත ඉලෙක්ට්‍රෝන රැස්වන විට, වේගයද ටික ටික අඩු වේ. මෙලෙස කාලයත් සමග බැටරියේ සිට C තහඩුව මතට ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීම සීඝ්‍රයෙන් අඩුවේගන ගොස්, යම් කාලයකට පසුව තවදුරටත් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීම නතර වේ. C තහඩුව මත එම ක්‍රියාදාමය එසේ සිදු වෙද්දී ඊට අනුරූපව අනෙක් D තහඩුවේ සිට බැටරියේ අනෙක් (ධන) අග්‍රය වෙතට ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීමද එම වේගවලින්ම සිදු වේ. මෙය කැපෑසිටරය චාජ් වීමක් සේ සැලකිය හැකියි.

කෙසේ හෝ, ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීම නතර වෙනවා කියන්නේ විදුලියක් ගමන් නොකරනවා කියන එකයි. බැටරිය ධාරිත්‍රකයට සම්බන්ධ කළ ඉතාම සුලු මොහොතකට පමණයි ධාරාවක් ගලා යන්නේ. ඒ කියන්නේ කැපෑසිටරයට සම්බන්ධ කළ  බැටරියේ වෝල්ටියතා අගය දක්වා චාජ් වීමට ගන්නා ඉතාම සුලු කාලය දක්වා පමණයි ධාරාවක් ගලන්නේ. ඉන්පසු පෙන්වාදුන් පරිදි ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කිරීම නතර වේ; ඒ කියන්නේ විදුලිය ගමන් කිරීම නතර වේ. මෙලෙස ධාරිත්‍රකය විදුලිය ගැලීම නතර වන මොහොත වන විට, ධාරිත්‍රකය දෙපස බැටරියේ වෝල්ටියතාවට සමාන වෝල්ටියතාවක් ඇති කර ගනී (පහත රූපය). ඒ කියන්නේ බැටරියේ සෘණ අග්‍රයේ -2V තිබුණේ නම්, දැන් ධාරිත්‍රකයේ C තහඩුව මතද -2V පවතී. මෙම අවස්ථාව වන විට, කැපෑසිටරය උපරිම අගයට චාජ් වී හමාරය. ඉතිං සමාන වෝල්ට් ගණනක් වයර් එකක් දෙපසම පවතී නම්, වෝල්ටියතා වෙනසක් එතැන නැති නිසා, විදුලයක් ගමන්

කළ නොහැකිය. ධාරිත්‍රකය සම්බන්ධ කළ මොහොතේ ඉතාම කුඩා කාලයකදී පමණක් ධාරාව ගමන් කර එතැන් සිට දිගටම කිසිදු විදුලියක් ගමන් නොකරයි. මේ අනුව නැවතත් ඉහත කාරණයම (එනම්, ධාරිත්‍රකය හරහා ස්ථාවර විදුලියක් ගමන් නොකිරීම) තහවුරු වෙනවා නේද? පහත දැක්වෙන්නේ කැපෑසිටරයක් කාලයට සාපේක්ෂව සම්පූර්ණයෙන්ම චාජ් වීම පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයකි. මෙම ප්‍රස්ථාරයෙන් පෙනෙන් චාජ් වීමේ සීඝ්‍රතාව ක්‍රමයෙන් අඩු වී අවසානයේ යම් උපරිම අගයකින් නවතින බව.




දැන් සිතන්න මෙම බැටරිය ගලවා ඊට වඩා වැඩි වෝල්ටියතාවක් සහිත බැටරියක් සම්බන්ධ කළා කියලා. එවිට, ධාරිත්‍රකයේ අග්‍රයේ තිබෙන වෝල්ට් ගණනට වඩා බැටරි අග්‍රයේ තිබෙන වෝල්ට් ගණන වැඩිය. ඒ කියන්නේ නැවතත් බැටරියේ සිට කැපෑසිටරය වෙතට (හරියටම කියතොත් බැටරියේ සෘණ අග්‍රයේ සිට කැපෑසිටරයේ C තහඩුවටත්, කැපෑසිටරයේ අනෙක් D තහඩුවේ සිට බැටරියේ ධන අග්‍රයටත්) ඉලෙක්ට්‍රෝන ධාරාවක් ගමන් කිරීමට පටන් ගන්නවා. එලෙස ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ට් ගණන බැටරියේ වෝල්ට් ගණනට සමාන වන තෙක් විදුලිය ගමන් කරනවා. සමාන වූවාට පසුව නැවතත් විදුලිය ගමන් කිරීම එතැන් සිට නතර වෙනවා.

මේ ලෙසම සිතන්න දැන් නැවත වැඩි වෝල්ට් ගණනක් තිබෙන බැටරිය ගලවා, එතැනට අඩු වෝල්ට් ගණනක් තිබෙන බැටරියක් සවි කළා කියා. එවිට බැටරයේ අග්‍රයට වඩා කැපෑසිටරයේ වෝල්ට් ගණන වැඩි නිසා, කැපෑසිටරයේ සිට බැටරිය වෙතට ධාරාවක් ගමන් කරනවා. (මෙම උදාහරණයේදී බැටරියක් ගෙන තිබෙන අතර, ඇත්තටම මෙවැන්නක් බැටරියකට සිදු වුවොත් - ඒ කියන්නේ පිටතින් විදුලියක් බැටරිය හරහා යවන විට - බැටරිය රත් වේ.) මෙහිදී ක්‍රමයෙන් කැපෑසිටරයේ C තහඩුවේ සිට ඉලෙක්ට්‍රෝන අඩු වේවි බැටරියේ සෘණ අග්‍රයට ඒවා යැවීම නිසා. එවිට, ක්‍රමයෙන් කැපෑසිටරයේ දෙපස තිබෙන වෝල්ටියතාව අඩු වේ. බැටරියේ වෝල්ට් ගණනට සමාන වෙන තෙක් කැපෑසිටරයේ වෝල්ට් ගණන අඩු වේ. මෙය කැපෑසිටරය discharge වෙනවා යැයි කියනවා. හිතමු මේ මොහොතේ කැපෑසිටරයේ C තහඩුව මත -5V ක විභවයක් තිබෙනවා කියා. දැන් බැටරියේ සෘණ අග්‍රය -1V ක් වූවා යැයි සිතන්න. එවිට, කැපෑසිටරය -5V සිට -1V දක්වා ඩිස්චාජ් වේ.

බැටරිය දැන් 0V වූවා නම්, කැපෑසිටරයද 0V දක්වා ඩිස්චාජ් විය යුතුයි නේද? ඔව්. 0V සහිත බැටරියක් යනු ඇත්තටම නිකංම නිකං සන්නායකයකි (කම්බියකි). ඒ කියන්නේ ඉහත පරිපථයේ බැටරිය ගලවා එතැනත් නිකංම වයර් කැබැල්ලක් පමණක් ඇත. තවත් විදියකින් කියතොත් කැපෑසිටරයේ අග්‍ර දෙක ෂෝට් කර ඇත. චාජ් වෙච්ච කැපෑසිටරයක අග්‍ර දෙක ෂෝට් කළ විට, කැපෑසිටරය සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වන බවයි ඉන් කියන්නේ. ඇත්තටම චාජ් වෙච්ච කැපෑසිටරයක් ඩිස්චාජ් වන ඉතා කෙටි කාලය තුළත් විදුලි ධාරාවක් ගමන් කරයි.

ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාවක් ගියා යැයි කිව්වත් සිතුනත්, ඉහත කිසිම අවස්ථාවක ධාරිත්‍රකය හරහා විදුලි ධාරාවක් ගමන් කළේ නැති බව මතක තබා ගන්න. එය සිදුවිය නොහැකියිනෙ. මොකද ධාරිත්‍රකයේ තහඩු දෙක මැද තිබෙන්නේ පරිවාරකයකි. ඉතිං කොහොමද පරිවාරකයක් හරහා විදුලියක් ගමන්

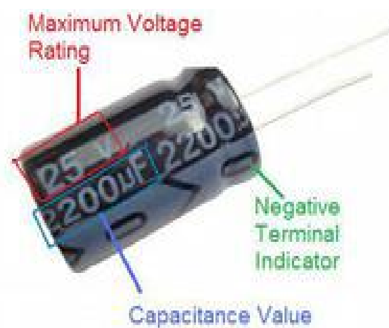
කරන්නෙ.

ඉතිං ඉහත පැහැදිලි කළ ආකාරයට ධාරිත්‍රකයක් දෙපස ස්ථාවර ඩීසී විදුලියක් ඇති විට, කිසිවිටක විදුලි ධාරාවක් ගමන් කරන්නේ නැත. සම්බන්ධ කළ ක්ෂණයෙහි නම් ඉතා කුඩා කාලයකට පමණක් (කැපෑසිටරය බැටරියේ වෝල්ටියතාව දක්වා චාජ් වන තෙක්) ධාරාවක් ගමන් කළත්, අප එය විදුලිය ගමන් කිරීමක් ලෙස සලකන්නේ නැත (මොකද එය සිදුවන්නේ එක් වරක් පමණක් නිසාත්, එයද ඉතාම කෙටි කාලයක් තුළ සිදුවන නිසා). එහෙත් කැපෑසිටරයේ අග්‍ර දෙක දෙපස පවතින්නේ විචලනය වන විදුලියක් නම්, ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි විදුලිය ඒ හරහා ගමන් කරයි. (මතකද බැටරිය වෙනස් කරන කරන හැමවිටම ඉහතදී ධාරිත්‍රකය සක්‍රිය වූවා?) කැපෑසිටර් එකක් චාජ් වීම හා ඩිස්චාජ් වීම යන සිද්ධි දෙක නිසයි මෙලෙස ධාරාවක් ධාරිත්‍රකය සහිත පරිපථයේ ගමන් කළේ. මෙවිටද, සත්‍ය ලෙසම, ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාවක් ගලා ගියේ නැත. සිදු වූයේ ධාරිත්‍රකයේ එක් තහඩුවක ඉලෙක්ට්‍රෝන රැස්වීම හා එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස අනෙක් තහඩුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන විකර්ෂණය වීමය. එනම්, ධාරිත්‍රකය තුළින් විදුලිය “පාස් කළේ” ධාරිත්‍රක තහඩු දෙක අතර ඇතිවුණු විදුලි ක්ෂේත්‍රය විසිනි. මෙය තරමක අමුතු තත්වයක් නේද? සත්‍ය ලෙසම ඉලෙක්ට්‍රෝන/ආරෝපණ තමන් හරහා ගලා නොගියත්, විදුලි ක්ෂේත්‍රයේ බලපෑම නිසා, පිටත සිට බලන විට ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාවක් ගලා යන බවක් පෙනේ (එහෙත් එය ඇස්බැන්දුමකි).

ප්‍රතිරෝධය මැනීමට ඕම් නම් ඒකකය යොදාගත්තා සේ, ධාරිතාව මැනීමට Farad (F) නම් ඒකකය යොදාගනී. යම් කැපෑසිටරයක ෆැරඩ් ගණන වැඩිවන විට, ඉන් අදහස් කෙරෙන්නේ වැඩිපුර ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් හෙවත් ආරෝපණ ප්‍රමාණයක් ගබඩා කරගත හැකි බවයි. ආරෝපණය, ධාරිතාව හා කැපෑසිටරය දෙපස පවතින වෝල්ටියතාව යන රාශි තුන අතර ලස්සන සම්බන්ධතාවක් පවතී. එය නම්,

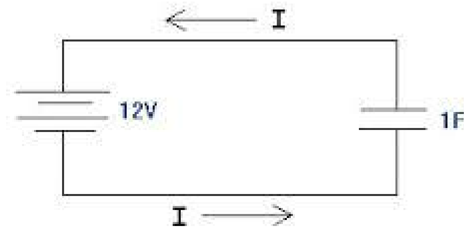
$Q = CV$ එනම්, (ආරෝපණය) = (ධාරිතාව)(ධාරිත්‍රකය දෙපස පවතින වෝල්ටියතාව)

ආරෝපණ (ඉලෙක්ට්‍රෝන) වැඩිපුර ගබඩා කරගත හැක්කේ ධාරිතාව වැඩිවීමෙන් පමණක් නොවේ; ඉහත සූත්‍රය අනුව පෙනනෙවා කැපෑසිටරය දෙපසට යොදන වෝල්ටියතාව වැඩිකිරීමෙන්ද වැඩිපුර ආරෝපණ ප්‍රමාණයක් ගබඩා කරගත හැකි බව. එහෙත් සෑම ධාරිත්‍රකයටම යෙදිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාවක් පවතී. ඊට වැඩි වෝල්ටියතාවක් දුන්විට, එය පිලිස්සී යයි. ඒ අනුව, කැපෑසිටර් එකක වැදගත් අගයන් දෙක නම්, එහි ඇති කැපෑසිටන්ස් එක හා යෙදිය හැකි උපරිම වෝල්ට් ගණනයි. සෑම කැපෑසිටරයකම එම අගයන් දෙක සටහන් කෙරේ.

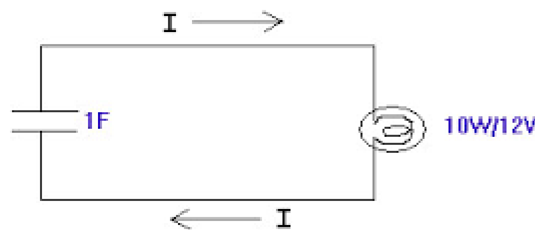



ෆැරඩ් එකක් යනු අති විශාල අගයකි. එනිසා කැපෑසිටර්වල අගයන් දැක්වෙන්නේ මිලිෆැරඩ් (mF), මයික්‍රොෆැරඩ් (uF), නැනෝෆැරඩ් (nF), පිකෝෆැරඩ් (pF) යන කුඩා ඒකකවලිනි.

කැපෑසිටරයක් පෙර සඳහන් කළ ලෙසම, විචලනය වන විදුලියට පමණක් තමන් හරහා යෑමට සලස්වන උපාංගයක් ලෙස හංවඩු ගසනවා. එහෙත් එය තවත් ආකාරවලින්ද දැකිය හැකියි. මුලින් කැපෑසිටරයේ ක්‍රියාකාරිත්වය පැහැදිලි කිරීමට ගත් උදාහරණය නැවත සිහිපත් කරගන්න. එනම්, කැපෑසිටරයක් යම් විදුලි ශක්ති ප්‍රභවයකට (බැටරියකට) සම්බන්ධ කිරීම සලකන්න. එවිට, කැපෑසිටරය එම බැටරියේ වෝල්ටියතාව දක්වා චාජ් වෙනවා (පහත රූපය).




ඉන්පසු බැටරිය ගලවා දැමුවත් කැපැසිටරය තවමත් පවතින්නේ ආරෝපිත තත්වයේය (චාජ් වෙලාය). ආරෝපිත කැපැසිටරයක් හරියට තවත් බැටරියක් වැනිය. ඒ කියන්නේ බැටරියකට බල්බයක් හෝ වෙනත් උපකරණයක් සම්බන්ධ කර එම උපකරණය ක්‍රියාත්මක කරනවා සේම, චාජ් වෙච්ච කැපැසිටරයකටද එලෙසම උපකරණයක් සම්බන්ධ කර එම උපාංගය ක්‍රියාත්මක කළ හැකියි (පහත රූපය).




බොහෝවිට මෙම බල්බය වැඩි වේලාවක් දැල්වී පවතින එකක් නැහැ. බැටරියක් "බහින තෙක්" පමණි බල්බය දල්වා තබන්නට පුලුවන්. කැපැසිටරයද බසින තෙක් බල්බය දල්වා තැබිය හැකියි. කැපැසිටරය එසේ ඩිස්චාජ් වූවාට පසුව, නැවතත් ඊට බැටරියක් සම්බන්ධ කර චාජ් කළ හැකියි. ඒ කියන්නේ කැපැසිටරය හරියට නැවත නැවත චාජ් කළ හැකි බැටරියක් (rechargeable battery) වගේ නේද? ඇත්තටම කැපැසිටරයේ මෙම විදුලි ශක්තිය ගබඩා කර තබාගැනීමේ හැකියාව අප නිතර ප්‍රයෝජනයට ගන්නවා (විශේෂයෙන් විදුලි ඍජුකාරක පරිපථවල විදුලිය සුමට කිරීමට හා පරිපථවලදී සමහර උපාංගවලින් සිදුවන පරිපථයේ විදුලි සැපයීමට කරන විදුලි උච්චාවචනයන් වැලක්වීමට). මේ ගැන වැඩි විස්තර පසුවට දැක්වේ.

"කැපැසිටරයක් විදුලි ශක්තිය ගබඩා කළ හැකි උපාංගයකි."

කැපැසිටරයක ගබඩා කරගත හැකි විදුලි ශක්තිය ගණනය කළ හැකියි. කැපැසිටරය තුළ මෙම විදුලි ශක්තිය ගබඩා කර ගන්නේ එහි තුළ පවත්වාගන්නා විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය තුළය. එලෙස ගබඩා කර ගන්නා විදුලිය ශක්තිය (ජූල් වලින්) පහත සූත්‍රයෙන් ගණනය කළ හැකියි.

$W = \frac{1}{2} CV^2$ (ගබඩා කරන විදුලි ශක්තිය) = ½ (ධාරිතාව)(වෝල්ටියතාව)$^2$

මෙම සූත්‍රයට, ඉහත Q=CV යන සූත්‍රය ආදේශ කිරීමෙන් පහත ආකාරයටද ලිවිය හැකියි.

$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} Q^2/C = \frac{1}{2} QV$

**සටහන**
ඉහත සූත්‍රය ඉතාම පහසුවෙන් සාධනය කළ හැකියි. මේ සඳහා අවකලනය හා අනුකලනය නම් ගණිත කර්ම දෙක භාවිතා කිරීමට සිදු වේ.

$Q = CV$
ඉහත සමීකරණය කාලය (t) විෂයෙන් අවකලනය කළ විට, $dQ/dt = C(dV/dt)$
$dQ/dt$ යනු විදුලි ධාරාවයි. එනිසා, $I = C(dV/dt)$

P = VI යන්නෙහි ධාරාවට ඉහත සූත්‍රය ආදේශ කිරීමෙන් හා පද මාරු කිරීමෙන්,
P = (V)(C(dV/dt)) → P = CV(dV/dt) → P dt = CV dv

ඉහත සමීකරණය අනුකලනය කිරීමෙන්,

$$\int P\,dt = \int CV\,dv$$

ජවය කාලය විෂයෙන් අනුකලනය කළ විට ලැබෙන්නේ ශක්තියයි (W). එනිසා අවසාන වශයෙන්,
$W = ½ CV^2$

ඉහත සූත්‍රයම සරල ගණිතය යොදාගෙනද සාධනය කළ හැකියි. ඒ මෙසේය. විභවය යනු ඒකක ආරෝපණයක් චලනය කිරීමට වැය කරන ශක්තියකි. එවිට, ආරෝපණ Q ප්‍රමාණයක් චලනය කිරීමට වැය කරන ශක්තිය QV වේ. ධාරිත්‍රකයක හොඳින් ආරෝපණය වූවාට පසුව විභවය V වන අතර, කාලයත් සමග එය 0 කරා පැමිණේ. ඒ කියන්නේ ශක්තිය වැය කරන විට විභවය වෙනස් වේ. මෙනිසා සිදුවෙනවා ආරම්භය හා අවසානය අතර කාලය තුළ තිබූ මධ්‍ය විභවය (average voltage) ගැනීමට. මධ්‍ය විභවය ඒ අනුව, (ආරම්භක විභවය + අවසන් විභවය)/2 = (V+0)/2 = V/2 වේ. එවිට,
W = (Q)(V/2) = ½ QV වේ.

උදාහරණයක් ලෙස, ධාරිතාව මයික්‍රොෆැරඩ් 1 ක්ද වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 10 ද වන ධාරිත්‍රකයක ගබඩා වන ශක්තිය කොපමණද?

$W = ½ CV^2 = ½ (0.000001)(10^2)$ ජූල් = 0.00005 J වේ.

එනම් මයික්‍රොජූල් 50 කි. ඔව්, මෙය ඉතා කුඩා ශක්ති ප්‍රමාණයක් තමයි. එහෙත් මෙහි විශේෂත්වයක් ඇත. සාමාන්‍යයෙන් බැටරියකින් (ලොකු හෝ කුඩා හෝ) යම් විදුලි ශක්ති ප්‍රමාණයක් පිටතට දිය හැකි උපරිම වේගයක් ඇත. උදාහරණයක් ලෙස, බැටරියෙන් එක් මයික්‍රොතත්පරයක් (එනම් තත්පරයෙන් මිලියනයෙන් පංගුවක්) තුළ පිට කළ හැකි ශක්ති ප්‍රමාණය මයික්‍රොජූල් 10 ක් යැයි සිතමු (ඒ කියන්නේ මයික්‍රොතත්පරයට මයික්‍රොජූල් 10 තමයි මෙම බැටරියේ උපරිම ශක්තිය පිට කිරීමේ සීඝ්‍රතාව). සාමාන්‍යයෙන් අප විමසිලිමත් වන්නේ එක් තත්පරයකදී පිටකළ හැකි ශක්ති ප්‍රමාණය හෙවත් ක්ෂමතාව ගැනයි. ඉහත උදාහරණයට ගත් බැටරියේ තත්පරයට කොතරම් ශක්තියක් පිට කළ හැකිද? එය ගණනය කිරීම ඉතාම පහසුයි.

එක් මයික්‍රොතත්පරයකදී මයික්‍රොජූල් 10 හෙවත් ජූල් 0.00001 කි.
එවිට, එක් තත්පරයදී පිට කරන ශක්ති ප්‍රමාණය වන්නේ (ජූල් 0.00001)/(තත්පර 0.000001) = තත්පරයට ජූල් 10 හෙවත් වොට් 10 කි.

ඒ කියන්නේ එම බැටරියේ ක්ෂමතාව වොට් දහකි. ඇත්තටම සාමාන්‍ය (AA) බැටරියකින් වොට් 10 ක් ලබාගත නොහැකියි; ලබාගත හැක්කේ ඊට වඩා බොහෝ අඩු ප්‍රමාණයකි (උදාහරණය පිණිස නිකමට ඉහත අගයන් මා ලබා දුන්නා පමණි). ධාරිත්‍රකයක් මෙතැනදී අතිවිශේෂ වේ. ධාරිත්‍රකයකට හැකියි ඉතා කුඩා කාලයක් තුළ එහි සම්පූර්ණ ශක්තිය පිට කිරීමට. ඉහත ධාරිත්‍රක උදාහරණයම සලකමු. එහිදී ධාරිත්‍රකයේ ගබඩා කරන ශක්තිය මයික්‍රොජූල් 50 කි. එම මුලු ශක්තිය නැනෝතත්පර 100 කදී පිට කළ හැකි යැයි සිතමු. ඒ අනුව, එය තත්පරයට කොතරම්ද කියා සොයා බලමු.

නැනෝතත්පර 100 කදී මයික්‍රොජූල් 50 හෙවත් ජූල් 0.00005 කි.
එවිට, එක් තත්පරයකදී පිට කරන ශක්ති ප්‍රමාණය = (0.00005)/(0.0000001) = 500 වොට්.

වොට් 500 කියන්නේ තත්පරයට ජූල් 500 ක් පිට කරනවා කියාය. එය විශාල අගයක් නේද? ඉතිං තත්පරයකට ජූල් 500 කියන එක, තත්පරයෙන් කෝටියෙන් පංගුවක් ගත් විට, මයික්‍රොජූල් 50 කි. ඒ කියන්නේ මයික්‍රොජූල් 50 න් විශාල ප්‍රයෝජනයක් ගත හැකියි නේද එය අච්චර කුඩා කාලයකදී පිට කරනවා නම්? ඔව්. කැපැසිටරයක් විදුලි ශක්ති ගබඩාවක් ලෙස ප්‍රයෝජනයට ගන්නේ එම ආකාරයටයි. ඔබ නිතර භාවිතා කරන ස්ටිල් ෆොටෝ කැමරාවල ෆ්ලෑෂ් ලයිට් එක ක්‍රියාත්මක කිරීමටත් මෙම ක්‍රමය භාවිතා වෙනවා. එනම්, බැටරියකින් තත්පර කිහිපක් වැය කොට කැපැසිටරයක් චාජ් කර, එම ගබඩා කරගත් ශක්තිය ඉතා ක්ෂණයකින් ෆ්ලෑෂ් එකට ලබා දෙනවා (බැටරියට එතරම් වේගයෙන් ශක්තිය

ලබා දිය නොහැකි නිසයි කැපැසිටරයක් මෙහිදී යොදන්නේ). ෆ්ලෑෂ් එකක් ක්‍රියාත්මක වන්නේ ඉතාම කුඩා කාල සීමාවක් සඳහා පමණයි. මේ නිසා තමයි, සාමාන්‍යයෙන් කැමරාවකින් එක් ෆොටෝ එකක් ගෙන, ඊළඟ ෆොටෝ එක ගැනීමට පෙර ටික වේලාවක් බලාගෙන සිටීමට සිදුවන්නේ (කැප් එක චාජ්වන තුරු).

**සටහන**
මා කැමතියි මෙම අවස්ථාවේ නිතරම විද්‍යාව පර්යේෂණාගාරවල සිදු කරන ක්‍රියාවක් පැහැදිලි කිරීමට. සමහර පර්යේෂණ සඳහා අති දැවැන්ත විදුලි ශක්තියක් අවශ්‍ය කරනවා. ඒ කියන්නේ විශාල නගරයකටම සපයන විදුලිය තරම් විදුලියක් අවශ්‍ය කරනවා යම් යම් පර්යේෂණ සඳහා. එක අතකින්, එම පර්යේෂණය ඉතා වියදම් සහගත වෙනවා නේද එවැනි විදුලියක් භාවිතා කිරීමෙන්ම? ඒ විතරක්ද නොවේ, එවැනි විශාල විදුලියක් පහසුවෙන් ලබා ගැනීමට නොහැකියි (නගරයේ විදුලිය විසන්ධි කර, පර්යේෂණාගාරයට එය ලබාදිය නොහැකියිනේ). මෙවැනි අවස්ථාවල විද්‍යාඥයින් කරන ලස්සන වැඩක් තිබෙනවා. එය අප ඉහත කැපැසිටර් යොදාගෙන කරපු දේමයි. උදාහරණයක් ලෙස මෙහෙම සිතමු. යම් පර්යේෂණයක් කිරීමට මෙගාවොට් 100 ක් (100MW) අවශ්‍ය කරනවා යැයි සිතමු. ඒ කියන්නේ එක තත්පරයක් සඳහා මෙගාජූල් 100 කි. පැයක් සඳහා එය 100 x 60 x 60 Mj හෙවත් ගිගාජූල් 360 ක්. එහෙත් ඔවුන් සිදු කරන්නේ මෙයයි. පැයක් හෝ විනාඩියක් හෝ තත්පරයක් හෝ නොගෙන, ඊට වඩා ඉතා කුඩා මිලිතත්පරයක් හෝ මයික්‍රොතත්පරයක් වැනි කාලයක් තුළ එම පර්යේෂණය සිදු කරනවා. එවිට, ඉහත උදාහරණයට ගත් පර්යේෂණය මයික්‍රොතත්පර 10 ක් තුළ සිදු කරනවා නම්, ඊට අවශ්‍ය වන්නේ ජූල් 1000 ක් පමණි (100,000,000 x 0.00001). ඔබ දන්නවා ජූල් 1000 ක් ඔබ වතුර උණු කරන කේතලයත් වැය කරනවා එක තත්පරයක් තුළ. මෙවිට ඔවුන් අතිවේගවත් කැමරා හා මිනුම් උපකරණ යොදාගන්නවා එම පර්යේෂණය රෙකෝඩ් කිරීමට හා මැනීමට. එක තත්පරයට රූප (frames) කෝටි 100 කට වඩා රෙකෝඩ් කිරීමේ හැකියාව ඇති කැමරා නිපදවා තිබෙනවා.

කැපැසිටර් එකක් ඉතා ක්ෂණයකින් ඩිස්චාජ් කළ හැකි බව ඉහත පැහැදිලි කළා. අවශ්‍ය නම්, එම ඉතා කෙටි කාලය වුවද පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකියි. මේ ගැන විස්තරාත්මකව පසුවට පැහැදිලි කෙරේ. එහෙත් මෙම අවස්ථාවේ ඒ ගැන ඉතා සැකෙවින් කියන්නම්. සාමාන්‍යයෙන් ධාරිත්‍රකයක් විදුලියට සම්බන්ධ කරන්නේ වයර් මඟිනි. ඒ හැරත්, ධාරිත්‍රකයේ අග්‍ර යනුද කම්බි කැබැලිය. සාමාන්‍යයෙන් මෙවැනි වයර් හා කම්බි කොටස්වල ප්‍රතිරෝධය ශූන්‍ය යැයි උපකල්පනය කෙරෙනවා. එහෙත් සැබෑ ලෙසම ඒවායේ මිලිඕම් (හෝ ඊටත් අඩු ඕම්) ගණනක හෝ ප්‍රතිරෝධකතාවක් තිබෙනවා. ගණනය කිරීමේ හා විශ්ලේෂණය කිරීමේ පහසුව පිණිස, එම ප්‍රතිරෝධකතාවන් සියල්ල කැටිකොට වෙනමම එක් ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙස දැක්විය හැකියි. එම ප්‍රතිරෝධකය දැන් පවතින්නේ ධාරිත්‍රකය හා ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ වෙලා. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාව යනු එම ප්‍රතිරෝධකය හරහා යන ධාරාවමයි. (ඉතිං එය සත්‍යයක්නෙ; මෙම ප්‍රතිරෝධකය ඇත්තෙන්ම නියෝජනය කරන්නේ එම ධාරිත්‍රකයේ කම්බි අග්‍රවල හා එය කනෙක්ට් කර ඇති වයර්වල ප්‍රතිරෝධකතාය; ධාරිත්‍රකයට ධාරාව ගලා එන්නේ ඒවා හරහානෙ.) මෙම ප්‍රතිරෝධයේ ඕම් අගය ධාරිත්‍රකයේ ෆැරඩ් අගයෙන් ගුණ කළ විට ලැබෙන අගය මෙන් පස් ගුණයක් (හෝ අවශ්‍ය නම් හතර ගුණයක් ලෙස වුවද මෙය ගත හැකියි) යනු මෙම කැපැසිටරය ඩිස්චාජ් වීමට ගතවන කාලයයි. උදාහරණයක් ලෙස, කැප් එකේ ධාරිතාව මිලිෆැරඩ් එකක් හා අර කියපු ප්‍රතිරෝධකයේ අගය මිලිඕම් 0.1 ක් නම්, ධාරිත්‍රකය ඩිස්චාජ් වීමට ගත වන කාලය වන්නේ, (0.001)(0.0001)(5) = තත්පර 0.0000005 හෙවත් නැනෝතත්පර 500 කි.

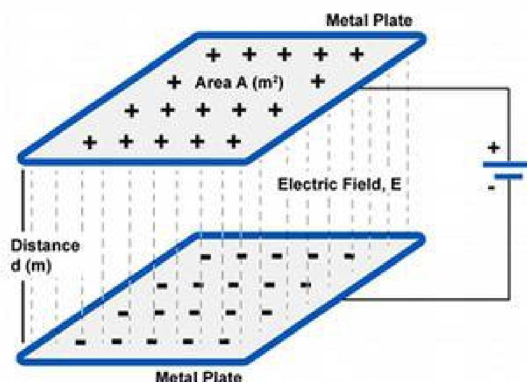
**සටහන**
පරිපූර්ණ ධාරිත්‍රකයක (ideal capacitor) තිබිය යුත්තේ ධාරිතාව පමණකි. ඒ කියන්නේ ධාරිතාවට අමතරව ප්‍රතිරෝධකතා හෝ ප්‍රේරණතා ආදිය එහි තිබිය නොහැකියි. එහෙත් ලෝකයේ අනෙක් සෑම දේකදී මෙන්ම මෙහිදීද පරිපූර්ණ/සර්වසම්පූර්ණ ධාරිත්‍රක නැත. ධාරිත්‍රකයක් සාදා එය භාහිර පරිපථ සමග සම්බන්ධ කිරීමට ලෝහමය පින් තිබිය යුතුය. එවිට එම පින්වල තිබෙන ඉතා කුඩා ප්‍රතිරෝධකතාව දැන් ධාරිත්‍රකයට හිමි වේ. එය කිසිසේත් වැලැක්විය නොහැකිය. පින්වල ප්‍රතිරෝධයට අමතරව වෙනත් ආකාරවලින්ද ධාරිත්‍රකවලට ප්‍රතිරෝධකතාවන් ලැබේ. ඉතිං මෙවැනි අවස්ථාවක් රෙසිස්ටර් ගැන පැහැදිලි කරනවිටත් හමු වූවා මතකද? ප්‍රතිරෝධකවල ස්ට්‍රේ කැපැසිටන්ස් හා ස්ට්‍රේ

ඉන්ඩක්ටන්ස් ගැන කතා කළා මතකද? ධාරිත්‍රක ගැන කතා කිරීමේදී ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් හා ස්ට්‍රේ ඉන්ඩක්ටන්ස් හමු වෙනවා. මෙම "අයාලේ යන" (stray) රාශීන් ගැන පසුවට සවිස්තරාත්මකව සලකා බැලේ. ඉහතදී ධාරිත්‍රකය ඩිස්චාජ්වන කාලය මැනීමේදී අපට හමුවූයේ මෙවැනි ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එකකි.

ධාරිත්‍රකයක ආරෝපණ ගබඩා කර තබා ගත හැකි නිසා, ඒවා සමග වැඩකරන විට පරිස්සම් විය යුතුය. ඉතා කුඩා උපාංගයක් ලෙස පෙනුනත් ඉන් විශාල අනතුරු සිදුවිය හැකියි. චාජ් වෙච්ච ධාරිත්‍රකයක අග්‍ර දෙක ස්පර්ශ කළ විට (ඒ කියන්නේ ඔබේ ශරීරයෙන් එය ඩිස්චාජ් කරනවිට) එහි ඇති ආරෝපණ ඔබේ අත/ඇඟිලි හරහා ක්ෂණයකින් ගමන් කරයි. බැලූබැල්මට එහි බරපතලකමක් නොපෙනේ මක්නිසාද ධාරිත්‍රකයක ඇත්තේ කුඩා ආරෝපණ ප්‍රමාණයක් නිසා. එහෙත් මතකද ඉහතදී පෙන්වා දුන්නා එම ආරෝපණ ප්‍රමාණය ක්ෂණයකින් ගමන් කරන බව? ඉහත පර්යේෂණාගාරවල කරපු උපක්‍රමයද මතක් කර ගන්න. එහිදී පෙන්වා දුන්නේ ඉතා කුඩා කාලයකදී ගමන් කරන කුඩා විදුලි ධාරාවක් වුවද ඉතා බලගතු බවයි. එනිසා සමහරවිට කුඩාවට පෙනෙන ධාරිත්‍රකයෙන් ඔබට වදින විදුලි ප්‍රමාණය ප්‍රධාන විදුලිය තරම්ම ප්‍රබල විය හැකියි. එකම වෙනස කාලය ඉතා කුඩාවීමයි (එනිසා එය විදුලි කම්පනයක්/ෂොක් එකක් ලෙස හැඳින්විය හැකියි). කැපැසිටර් එකකින් සිදුවිය හැකි විදුලි කම්පනය මුහුණ/හිස, පපු ප්‍රදේශයට සිදු වුවොත් තත්වය අතිභයානක විය හැකියි. විශේෂයෙන් ඉහළ වෝල්ටියතාවක් දක්වා චාජ් විය හැකි කැපැසිටරයක් ගතහොත් ඉන් ඇතිවිය හැකි අනතුරේ බරපතලකම තවත් වැඩි වේ. ඊට හේතුව අධිවෝල්ටියතා සැරක් ඉන් ඇති වීමයි. එනිසා පුරුද්දක් වශයෙන් කැපැසිටරයක අග්‍ර දෙක එකිනෙකට ස්පර්ශ කිරීමෙන් ඒවා පළමුව ඩිස්චාජ් කරන්න, ඒවා ඇල්ලීමට පෙර. එය පහසුවෙන්ම කළ හැකියි ඉස්කුරුප්පු නියනකින් එම අග්‍ර දෙක එකිනෙකට ස්පර්ශ කිරීමෙන්.

ධාරිත්‍රක දෙකක් (හෝ කිහිපයක්) එකිනෙකට සම්බන්ධ කළ හැකි ආකාර දෙකක් තිබෙන බව ඔබ දැන් දැන සිටිය යුතුයි (මොකද ප්‍රතිරෝධක ගැන කතා කරන විට මා පැවසුවා ඕනෑම උපාංග දෙකක් සම්බන්ධ කළ හැකි ආකාර පවතින්නේ දෙකක් පමණක් බව). එනම්, ශ්‍රේණිගත හා සමාන්තරගත ලෙස. ශ්‍රේණිගත හා සමාන්තරගත සම්බන්ධතා දෙක ඉගෙනීමට පෙර, සරලව ධාරිත්‍රකයක් සාදන අයුරු දැන් බලමු.

යම් සන්නායක කොටස් දෙකක් එකිනෙකට ළඟින් එහෙත් එකිනෙකට ස්පර්ශ නොවන ලෙස තැබූ විට, එතැන සෑදෙන්නේ කැපැසිටරයකි. එම සන්නායක කොටස් දෙක තිබෙන විදිය, ඒවා කොතරම් පරතරයකින්ද තිබෙන්නේ කියන වග ආදී කරුණු කිහිපයක් මත එම කැපැසිටරයේ ධාරිතාව තීරණය වේ. පහත රූපය බලන්න.




මෙම රූපය ඇසුරින් ධාරිත්‍රකයක අගය තීරණය වන සැටි ඉගෙන ගමු. සන්නායක කොටස් දෙකේ පරතරය (d) අඩුවන තරමට ධාරිතාව වැඩි වේ. දැන් තිබෙන පරතරය දෙගුණයකින් වැඩි කළ විට, ධාරිතාව භාගයකින් අඩු වේ. පරතරය දස ගුණයකින් අඩු කළ විට, ධාරිතාව දස ගුණයකින් වැඩි වේ. තවද, සන්නායක දෙකෙහි එකිනෙකට සම්මුඛව තිබෙන කොටසෙහි වර්ගඵලය (A) වැඩි වන විට, ධාරිතාව වැඩි වේ. මතක තබා ගන්න නිකංම සන්නායකයේ වර්ගඵලය වැඩිවීම නොවේ අප

සලකන්නේ; උඩ හා යට තිබෙන සන්නායක දෙක එකිනෙකට කෙලින් (සම්මුඛව) තිබෙන කොටස්වල වර්ගඵලයයි සලකන්නේ. උදාහරණයක් ලෙස යට සන්නායකය මුද්දරයක තරම් විශාල නම්, ඊට උඩින් ඇති සන්නායකය පිට්ටනියක් තරම් විශාල වුවත් වැඩක් නැහැ. එතැන සත්‍ය ලෙසම සලකන්නේ අර මුද්දරය තරමේ සන්නායකයේ වර්ගඵලය පමණි. ඒ විතරක් නොවේ විශාල සන්නායක දෙකක් වුවද, ඒ දෙක තබා තිබෙන්නේ අර වහලවලට උළු (හෝ ෂීට්) යොදන ආකාරයට නම් (එනම්, උළු කැට විශාල වුවත් එක් උළු කැටයක් අනෙක් උළු කැටයක් ස්පර්ශ කරන්නේ කුඩා ප්‍රමාණයකි), එවිටද කැපෑසිටරයේ අගය සෙවීමට වර්ගඵලය ලෙස ගැනෙන්නේ එම සන්නායක දෙක එකිනෙකට සම්මුඛව (overlap) පවතින කොටසේ වර්ගඵලයයි. ඒ විතරක්ද නොවේ, කැපෑසිටන්ස් එක අඩුවැඩි වීමට තවත් සාධකයක් පවතී. එය නම් සන්නායක දෙක අතර ඇති පරිවාරකයයි. ඇත්තටම පරිවාරකයේ පාරවේද්‍යතාව (permittivity) නමින් හැඳින්වෙන ගුණයයි වැදගත්වන්නේ. පාරවේද්‍යතාව වැඩිවන තරමට ධාරිතාව වැඩි වේ. ඒ අනුව ඉහත රූපයේ ධාරිතාව මැනීමට පහත සූත්‍රය ඉතාම පහසුවෙන් අපට නිර්මාණය කළ හැකියි.

ධාරිතාව = (පරිවාරකයේ පාරවේද්‍යතාව)(සන්නායක වර්ගඵලය)/(සන්නායක දෙක අතර පරතරය)

$$C = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 A}{d}$$

සාමාන්‍යයෙන් ඉහත ආකාරයට සන්නායක තැටි දෙකක් පමණක් යොදාගෙන සාදාගන්නා ධාරිත්‍රකයක ධාරිතාව කුඩාය. එය වැඩි කිරීමට එවැනි ‘‘සෙට්’’ කිහිපයක් තබයි. එවැනි සෙට් 100 ක් තැබුවේ නම්, ධාරිතාව සිය ගුණයකින් වැඩිවේ.

**සටහන**

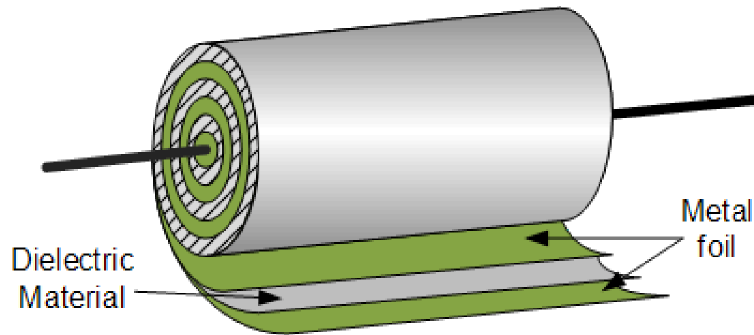
සෑම ද්‍රව්‍යකටම පාරවේද්‍යතාව නම් ගුණය ඇත. ඉතා සරලවම පාරවේද්‍යතාව යනු විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් ඇතිවීමට තිබෙන පහසුවයි. එනම්, යම් ද්‍රව්‍යයක පාරවේද්‍යතාව ඉහළ වීමෙන් කියන්නේ එම ද්‍රව්‍යය තුළ විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් ඉතා පහසුවෙන් හා ප්‍රබලව පැවතිය හැකි බවයි. තවත් විදියකට කියන්නේ නම්, විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් වශයෙන් වැඩිපුර (විදුලි) ශක්ති ප්‍රමාණයක් වැඩි පාරවේද්‍යතාවක් සහිත ද්‍රව්‍යයක් තුළ ගබඩා කරගත හැකියි. සෑම ද්‍රව්‍යයක් වගේම කිසිදු ද්‍රව්‍යයක් නැති රික්තකයේද පාරවේද්‍යතාවක් පවතී. අඩුම පාරවේද්‍යතාව ඇත්තේ රික්තකයටයි. එහි අගය 8.85 x $10^{-12}$ Farad/meter වේ. අනෙක් සෑම ද්‍රව්‍යයකටම මීට වඩා වැඩි වෙනස් වෙනස් අගයන් ඇත. සාමාන්‍යයෙන් විද්‍යාව තුළ පාරවේද්‍යතාව සංකේතාත්මකව දැක්වීමට ඉංග්‍රිසි E අකුරට තරමක් සමාන ග්‍රීක් එප්සිලෝන්, $\varepsilon$ යන අක්ෂරය යොදාගන්නවා. රික්තයේ පාරවේද්‍යතාව $\varepsilon_0$ යන සංකේතයෙන් දැක්වෙනවා. දළ වශයෙන් වාතයේ (වායුගෝලයේ) පාරවේද්‍යතාවද රික්තකයේ පාරවේද්‍යතාවට සමානයි. මෙම රික්තකයේ හෝ ද්‍රව්‍යවල පාරවේද්‍යතාව නිරපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව (absolute permittivity) ලෙස හැඳින්වෙනවා. ලිවීමේ, සංසන්දනය කිරීමේ, හා භාවිතයේ පහසුව පිණිස අප එක් එක් ද්‍රව්‍යයේ නිරපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව යොදාගන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට සාපේක්ෂව පාරවේද්‍යතාව (relative permittivity) යොදාගන්නවා. ද්‍රව්‍යයන්ගේ සාපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාවන් සඳහන් කරපු වගු අන්තර්ජාලයෙන් පහසුවෙන්ම සොයාගත හැකියි. සාපේක්ෂව පාරවේද්‍යතාව, $\varepsilon_r$ යනු යම් ද්‍රව්‍යක නිරපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව විශ්වයේ කුඩාම පාරවේද්‍යතාව අගය වන රික්තකයේ පාරවේද්‍යතාවෙන් බෙදූ විට ලැබෙන අගයයි.

*යම් ද්‍රව්‍යයක සා. පාරවේද්‍යතාව = (එම ද්‍රව්‍යයේ නි. පාරවේද්‍යතාව)/(රික්තයේ නි. පාරවේද්‍යතාව)*

එයම සංකේතාත්මකව $\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$ ලෙස ලිවිය හැකියි. එවිට, යම් ද්‍රව්‍යයක නිරපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව $\varepsilon_r\varepsilon_0$ ලෙස ලිවිය හැකියි නේද? ඉහත සූත්‍රයේ පාරවේද්‍යතාව සඳහන් කර තිබෙන්නේ මේ අයුරින් තමයි.

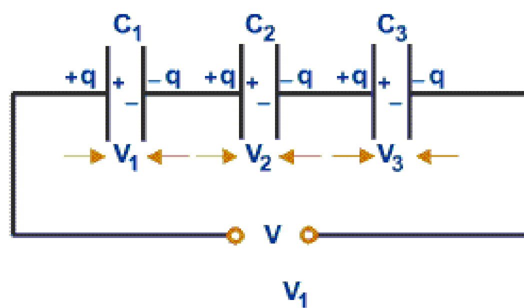
ඉහත දැනුමත් සමග දැන් බලමු ඇත්තටම ධාරිත්‍රකයක් සාදන්නේ කෙලෙසද කියා. සෑම ධාරිත්‍රකයක්ම සාදන්නේ එකම ආකාරයටයි. එහෙත් ඊට යොදාගන්නා පරිවාරකය හා ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රමාණය ආදිය

පමණයි වෙනස්වන්නේ. සාමාන්‍යයෙන් සිදු කරන්නේ, සිහින් සන්නායක තැටි දෙකක් මැද ඉතා සිහින් පරිවාරක (dielectric) තැටියක්/සිවියක් තබා එය පහත රූපයේ ආකාරයට රෝල් කිරීමයි. ඉතා දිග තැටි මෙලෙස රෝල් කර කුඩාවට සාදා ගත හැකියි නේද? මෙලෙස රෝල් කිරීම ඉහත කියූ ලෙස "සෙට්" කිහිපයක් ලෙස සැලකිය හැකියි නේද?




## ධාරිත්‍රක දෙකක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කිරීම

මෙහිදී සමක ධාරිතාව අඩු වේ. සම්බන්ධ කරන ධාරිත්‍රක දෙකෙන් කුඩාම ධාරිත්‍රකයේ අගයටත් වඩා අඩු සමක ධාරිතාවක් තමයි ලැබෙන්නේ. මෙහි සමක ධාරිතාව සොයන පොදු සූත්‍රය පහත දැක්වේ.




$1/C_T = 1/C_1 + 1/C_2 + \ldots$

මෙම ක්‍රමයෙන් සම්බන්ධ කිරීමේ ඇති වාසිය නම්, එක් එක් ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතාවන් එකතු වේ. ඒ කියන්නේ, එක් ධාරිත්‍රකයක දෙපස ඩ්‍රොප් විය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 100 නම්, එවැනි ධාරිත්‍රක 10 ක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ විට, වෝල්ට් 100 x 10 = 1000 ක් දැන් එම ශ්‍රේණිගත ධාරිත්‍රක පේලිය දෙපසට යෙදිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, යම් අවස්ථාවකට යෙදිය යුතු ධාරිත්‍රකය වෝල්ට් 1000 ක් විය යුතු වුවත්, තමන් සතුව තිබෙන්නේ වෝල්ට් 500 ක ධාරිත්‍රක නම්, මෙවැනි ධාරිත්‍රක දෙකක් ශ්‍රේණිගතව යෙදිය හැකියි නේද? එහෙත් මතක තබා ගන්න ධාරිත්‍රක ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කිරීමේදී සමක ප්‍රතිරෝධය අඩුවන බව. එමනිසා ඉහත උදාහරණයේදී ඔබට වෝල්ට් 1000 ක් සපෝට් කරන 1u කැප් එකක් අවශ්‍ය කරනවා යැයි සිතමු. එහෙත් ඔබ සතුව වෝල්ට් 1000 ක් සපෝට් කරන කැප් නැත; ඒ වෙනුවට වෝල්ට් 500 ක් සපෝට් කරන කැප් ඇත. ඉතිං අපට අවශ්‍ය කරන්නේ 1u අගයකි. ඒ කියන්නේ 500v, 2u කැප් දෙකක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කිරීම නේද කළ යුත්තේ? එහෙම නැතිනම්, වෝල්ට් 100 හේ 10u කැප් දහයක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කරන්නත් පුලුවන්.

එහෙත් මෙහි ඇති එක් භයානක කමක් තිබේ. සිතන්න ඉහත කියූ ලෙසට අධික භාහිර වෝල්ටියතාවකට සපෝට් කිරීම පිණිස සුදුසු අගයන්ගෙන් යුතු ධාරිත්‍රක කිහිපයක් ශ්‍රේණිගතව

සම්බන්ධ කළා කියලා. දැන් කිසියම් හේතුවක් නිසා, මින් එක් ධාරිත්‍රකයක් ෂෝට් වූයේ නම් (ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකය දැන් නිකංම වයර් කැබැල්ලක් සේ ක්‍රියා කරනවා), එම භාහිර වෝල්ටියතාව දැන් පිහිටන්නේ ඉතිරි කැපැසිටර් දෙපසයි. එවිට, එම වෝල්ටියතාව ඉතිරි කැප් විසින් සපෝට් කරන උපරිම වෝල්ටියතාව ඉක්මවා යෑම නිසා, ඉතිරි කැපැසිටර්ද පිලිස්සී යනවා. ඉහත උදාහරණයම ගතහොත්, කැපැසිටර් දහයෙන් එකක් ෂෝට් වූ විට, භාහිර 1000 වෝල්ටියතාව දැන් ඉතිරි කැපැසිටර් 9 අතරේ බෙදේ. එවිට, එක් ධාරිත්‍රකයකට වෝල්ට් (1000/9=) 111 ක් පමණ ලැබේ (වැඩිපුර වෝල්ට් (111-100=) 11 ක්). එහෙත් එම උදාහරණයේ එක් කැපැසිටරයකට උපරිමව දැරිය හැක්කේ වෝල්ට් 100 ක් පමණි. ඒ කියන්නේ ඉතා ඉක්මනින් තවත් කැපැසිටරයක් හෝ කිහිපයක් පිලිස්සී යනවා. එවිට ප්‍රශ්නය තවත් බරපතල වී ක්ෂණයකින් සියලුම කැපැසිටර් පිලිස්සී යාවි.

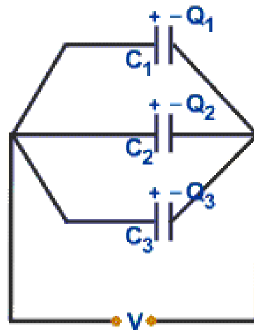
මීට යම් පිළියමක් ලෙස, එක් එක් ධාරිත්‍රකයේ උපරිම වෝල්ටියතා අගයෙන් 75% ක් හෝ 50% ක් එහි ක්‍රියාකාරි වෝල්ටියතාව ලෙස සලකා ගණනය කිරීම් කළ හැකියි. ඉහත උදාහරණයම ගතහොත්, එක් එක් ධාරිත්‍රකයක් වෝල්ට් 100 ක් දැරිය හැකි වුවත්, එය වෝල්ට් 50 ක් දැරිය හැක්කේ යැයි උපකල්පනය කරන්න. එවිට, දැන් භාහිර වෝල්ටියතාව වන වෝල්ට් 1000 ට සමාන වීමට ධාරිත්‍රක 20 ක් (10 ක් නොවේ) ශ්‍රේණිගතව යෙදිය යුතු වෙනවා. මෙවිට එක් ධාරිත්‍රකයක් ෂෝට් වූවිට, එම වැඩිවන වෝල්ට් ගණන පෙර අවස්ථාවට වඩා අඩුය (පෙර වෝල්ට් 100 වෙනස වෙනුවට දැන් ඇතිවන්නේ වෝල්ට් 50 ක වෙනසකි). ඒ විතරක් නොවේ, එම කුඩා වෙනස දැන් ධාරිත්‍රක විශාල ප්‍රමාණයක් අතරේ බෙදී යන නිසා, එක් එක් ධාරිත්‍රකයට අමතරව වැඩිවන ප්‍රමාණයද පෙරට වඩා අඩු වේ (වැඩිපුර වෝල්ට් (50/19=) 2.5 ක්). ඒ විතරක්ද නොවේ, එසේ අමතරව වැඩි වන වෝල්ටියතා ප්‍රමාණය කිසි ප්‍රශ්නයක් නැතිව දැරිය හැකිද වේ (මක්නිසාද වෝල්ට් 50 ලෙස ගත්තත්, සැබෑ ලෙසම ඒවාට වෝල්ට් 100 ක් දක්වා දැරිය හැකි නිසා). ඒ අනුව එක් ධාරිත්‍රකයක් ෂෝට් වීම නිසා ඉතිරි අනෙක් ධාරිත්‍රකයකට ඉහත අමතරව දැරීමට සිදුවන වෝල්ට් 2.5 සමගම සම්පූර්ණයෙන් වෝල්ට් 52.5 ක් දැරීමට සිදු වේ. ඉන් කිසිදු ප්‍රශ්නයක් නැහැ නේද මොකද සත්‍ය ලෙසම එක් ධාරිත්‍රකයකට වෝල්ට් 100 ක උපරිම අගයක් දක්වා දැරිය හැකි නිසා.

ඉහත සූත්‍රය බැලූවිට සිහිපත් වන්නේ ප්‍රතිරෝධක දෙකක් සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කරනවිට යෙදිය යුතු සූත්‍රය නේද? ඉහත සූත්‍රය සාධනය (proof) කරන්නේ කෙසේද? ඉහත රූපය බලන්න. එහි ධාරිත්‍රක ශ්‍රේණිගතව ඇත. මීට සුපුරුදු ලෙස KVL දමන්න. එවිට, එක් එක් ධාරිත්‍රකය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාවල මුලු එකතුව භාහිරින් සපයා ඇති වෝල්ටියතාවට සමාන වේ. එක් එක් ධාරිත්‍රකය සඳහා Q=CV යන සූත්‍රය දැන් යොදන්න. මෙහිදී සෑම ප්‍රතිරෝධකයකම ගබඩාවන ආරෝපණ (ඉලෙක්ට්‍රෝන) ප්‍රමාණය සමාන ලෙස සැලකිය යුතුය. ඒ ඇයි? මෙහෙම සිතන්න. දකුණු කෙළවරම ඇති කැපැසිටරයේ දකුණු තහඩුවට බැටරියෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන පැමිණේ. එම ඉලෙක්ට්‍රෝනවලට සමාන ප්‍රමාණයක් එහි වම් තහඩුවෙන් ඉවත්ව යයි. දැන් එම වම් තහඩුව සම්බන්ධ කර තිබෙන්නේ දෙවැනි කැපැසිටරයේ දකුණු තහඩුවටයි. ඉතිං එම ඉලෙක්ට්‍රෝන සියල්ල දෙවැනි ධාරිත්‍රකයේ දකුණු තහඩුව මත රැස්වේ. එවිට දෙවැනි ධාරිත්‍රකයේ වම් තහඩුවෙන් එවැනිම ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් විකර්ෂණය වී ගොස් තෙවැනි කැපැසිටරයේ දකුණු තහඩුව මත රැස්වේ. මේ ආදී ලෙස පිළිවෙලින් ඉලෙක්ට්‍රෝන කැපැසිටරයෙන් කැපැසිටරයට ගමන් කරයි. අවසානයේ වම් කෙළවර ඇති කැපැසිටරයේ වම් තහඩුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ඉවත්ව බැටරියට ඇතුලු වේ. මේ සෑම තැනකදීම කැපැසිටරයෙන් කැපැසිටරයට ගමන් කළේ එකම ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණයක් හෙවත් එකම ආරෝපණ ප්‍රමාණයක් නේද? එනිසයි සෑම ධාරිත්‍රකයම ගබඩාවන්නේ එකම ආරෝපණ ප්‍රමාණයක් කියා පැවසුවේ. ඒ අනුව,

$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$
$(Q=CV \rightarrow V=Q/C)$ යෙදීමෙන්, $Q/C_T = Q/C_1 + Q/C_2 + Q/C_3 + \dots$
$1/CT = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots$

ප්‍රතිරෝධකවල සේම, මෙහිදීද 10% රීතිය යෙදිය හැකියි. එම අවස්ථාවේ සඳහන් කරපු සියලු විස්තර මෙහිදීද වලංගු වේ.

## ධාරිත්‍රක දෙකක් සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කිරීම




මෙහිදී සමක ධාරිතාව වැඩි වේ. එනම්, සම්බන්ධ කරන ධාරිත්‍රක දෙකෙහි වැඩිම අගයටත් වඩා සමක අගය වැඩිය. මෙහිදී ගබඩාවන මුලු ශක්තිය කැපෑසිටර් සියල්ලෙහිම තනි තනි ශක්තිවල එකතුව වේ. ඒ කියන්නේ මේ ආකාරයට කැපෑසිටර් සම්බන්ධ කරන විට, ගබඩාවන ශක්තිය වැඩි වේ. සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කරන හැම ධාරිත්‍රකයක්ම එකම වෝල්ටියතාවෙන් තැබීම උචිතය. එක් එක් වෝල්ටියතාවන් සහිත ධාරිත්‍රක සම්බන්ධ කර ඇති විට, ඒ අතරින් අඩුම වෝල්ටියතාව සහිත ධාරිත්‍රකය තමයි මුල් තැන ගන්නේ (ඒ කියන්නේ අනෙක් වැඩි වෝල්ටියතා ධාරිත්‍රකවලත් සත්‍ය ලෙස භාවිතා කළ හැකි වෝල්ටියතාවන් පහළම ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතා මට්ටමට වැටේ). එය ගණනය කරන සූත්‍රය පහත දැක්වේ.

$C_T = C_1 + C_2 + ...$

එය බැලූබැල්මට ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ ප්‍රතිරෝධකවල සමක අගය සොයන සූත්‍රය වැනියි නේද? එම සූත්‍රයද පහත ආකාරයට සාධනය කළ හැකියි. ඉහත රූපය බලන්න. එහි ධාරිත්‍රකවල දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතා සියල්ල සමාන වන අතර, එම අගය භාහිර වෝල්ටියතාවේ අගයටද සමාන වේ. ඒ වගේමයි, දැන් එක් එක් ධාරිත්‍රකයට වෙන වෙනම භාහිර බැටරියෙන් ආරෝපණ ස්වාධීනව ලැබේ. ඒ කියන්නේ පෙර අවස්ථාවේ මෙන්, එක් ධාරිත්‍රකයෙන් පිටවන ආරෝපණ අනෙක් ධාරිත්‍රකයට ගමන් නොකර කෙලින්ම බැටරිය සමග ගනුදෙනු කරයි. මෙවිට, එක් එක් කැපෑසිටරයේ තිබිය හැකි ආරෝපණ ප්‍රමාණය වෙනස් විය හැකියි. ඒ විතරක්ද නොවේ, එම ධාරිත්‍රක සියල්ලේම ආරෝපණවල එකතුව බැටරියෙන් පිටකරන මුලු ආරෝපණ ප්‍රමාණයට සමානද විය යුතුය. ඊට නැවතත් Q=CV සූත්‍රය යෙදිය හැකියි. ඒ අනුව,

$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ...$
(Q = CV යෙදීමෙන්) $C_TV = C_1V + C_2V + C_3V + ...$
$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + ...$

## ධාරිත්‍රක අගය සෙවීම

දැන් බලමු ධාරිත්‍රකයක අගය සොයන අයුරු. ආකාර කිහිපයක් ඇත. සමහර ධාරිත්‍රක මත එහි අගය පැහැදිලිවම ලියා දැක්වේ. පහත රූපය බලන්න. කැපෑසිටරයක කැපෑසිටන්ස් එකට අමතරව, එයට යෙදිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාවද දක්වනවා. මේවායේ අමුතුවෙන් අගයන් සෙවීමේ ක්‍රම නැත. පිකෝෆැරඩ්වලින් අගයන් දක්වන විට අගයට පිටුපස p අකුර සටහන් කෙරේ. එලෙසම නැනෝෆැරඩ් දැක්වීමට n ද, මයික්‍රොෆැරඩ් දැක්වීමට u ද සටහන් කෙරේ. දශම අගයන් සටහන් කරන විට, දශම තිත වෙනුවට ඉහත අකුරක් එතැනට යෙදිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, 4.7u යන්න 4u7 ලෙස ලියයි.

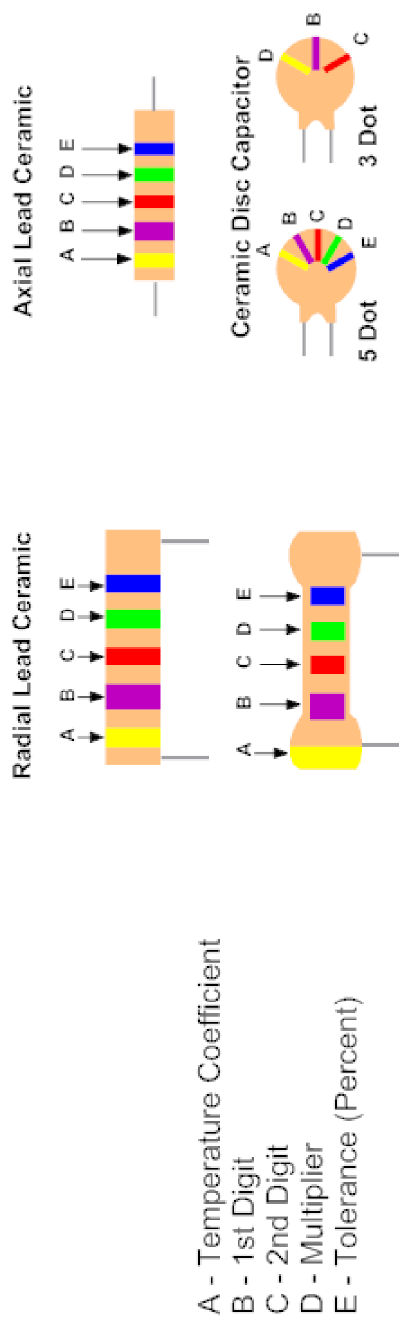



තවත් වර්ග සඳහා, ප්‍රතිරෝධකවලට තිබුණා මෙන් කලර් කෝඩ් ක්‍රමයක් අනුගමනය කළ යුතු වෙනවා. එහි වර්ණවලට හිමි අගයන් ප්‍රතිරෝධකවල දක්නට ලැබුණු ඒවාම වේ. සාමාන්‍යයෙන් වර්ණ තීරු 5 ක් ඇත. ඉන් පළමු වර්ණ තීරුවෙන් දැක්වෙන්නේ ධාරිත්‍රකයේ උෂ්ණත්ව සංගුණක අගයයි. එම වර්ණ තීරුව තරමක් කෙළවරට වෙන්නට තිබෙන නිසා පහසුවෙන්ම එය හඳුනාගත හැකියි. සමහරවිට, එම තීරුව අනෙක් තීරුවලට වඩා මහතට තිබේ. හොඳින් මතක තබා ගන්න ප්‍රතිරෝධකවල අගයන්ට පමණක් නොවේ උෂ්ණත්ව සංගුණකයක් තිබෙන්නේ. දැන් සාකච්ඡා කරන ධාරිත්‍රකවල අගයන්ට, පසුවට කතා කරන වෙනත් ඕනෑම උපාංගයක අගයන්ටද උෂ්ණත්ව සංගුණක පවතිනවා, මක්නිසාද උෂ්ණත්වය අනුව උපාංගවල අගයන් වෙනස් වෙනවා. ප්‍රතිරෝධක පාඩමේදී උෂ්ණත්ව සංගුණක ගැන කියූ විස්තර එලෙසම මෙම අවස්ථාවන්ටද අදාල වේ. බොහෝවිට සෘණ තාප සංගුණක අගයක් තමයි ධාරිත්‍රක සඳහා තිබෙන්නේ. දෙවන, තෙවන, හා සිව්වැනි වර්ණ තීරුවලින් දැක්වෙන්නේ ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාවයි. එම අගය ලැබෙන්නේ පිකෝෆැරඩ්වලින්ය. මෙහිදී දෙවන හා තෙවැනි ඉලක්කම් එලෙසම ලියා සිව්වන ඉලක්කමට සමාන බිංදු ගණනක් ලිවීමයි කරන්නේ (සුපුරුදු ලෙසම). එහෙත් ගුණාකාරය හඟවන සිව්වැනි වර්ණයට හිමි ඉලක්කම 8 නම්, එවිට ඊට සමාන බිංදු ගණනක් නොදමා, ඊට පෙර තිබූ වර්ණවලින් ලැබුණු අගය 0.01 න් ගුණ කරන්න. එලෙසම, ගුණාකාර වර්ණයට හිමි ඉලක්කම 9 නම්, එහිදීද බිංදු 9 ක් නොදමා ඒ වෙනුවට 0.1 න් ගුණ කරන්න.

අවසන් වර්ණ තීරුවෙන් කියන්නේ සහනතා/ටොලරන්ස් අගයයි. සහනතා ප්‍රතිශතය ගැනද මීට පෙර ප්‍රතිරෝධක පැහැදිලි කරන අවස්ථාවේ සඳහන් කරපු විස්තර එලෙසම අදාළ වේ. පහත රූපයේ (වගුවේ) පෙනෙන පරිදි සහනතා අගය තීරු දෙකක් තිබේ. පිකෝෆැරඩ් 10 ට වැඩි ධාරිත්‍රක සඳහා ප්‍රතිශත වශයෙන් ඇති සහනතා තීරුව වලංගු වන අතර, පිකෝෆැරඩ් 10 ට අඩු ධාරිත්‍රක සඳහා නිශ්චිත අගයන් සහිත සහනතා තීරුවද වලංගු වේ.

තවද, ධාරිත්‍රකය මත වර්ණ සටහන් කිරීමේදී ආකාර කිහිපයක් තිබේ. වර්ණ තීරු (bands) ලෙස හෝ වර්ණ තිත් (dots) ලෙස හෝ ඒවා සටහන් කර තිබිය හැකියි. විවිධ හැඩවලින් යුතුව ධාරිත්‍රක සාදා තිබෙන අතර, ඒ ඒ හැඩයන් සඳහා වර්ණ සටහන් කර තිබෙන අයුරු පහත රූපයේ දැක්වේ. සාමාන්‍ය වර්ණ පහ වෙනුවට වර්ණ තුනක් සහිත ධාරිත්‍රකත් තිබේ. එවිට තාප සංගුණකය හා සහනතා අගය හඟවන වර්ණ එහි සටහන් කරන්නේ නැත. පහත රූප හොඳින් අධ්‍යනය කර වර්ණ තීරු වටහ ගන්නා අයුරු ඉගෙන ගන්න.

## *CAPACITOR COLOR CODE*

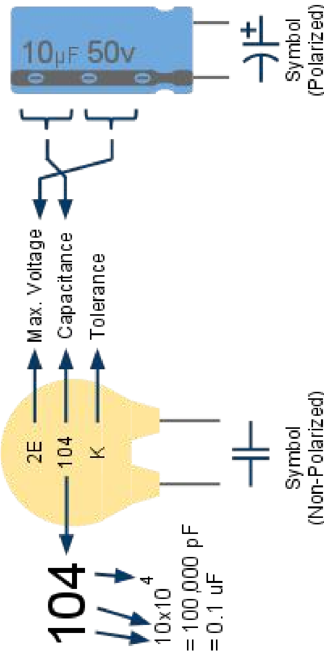


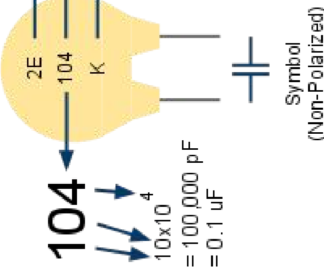

| Color | 1st Digit | 2nd Digit | Multiplier | Tolerance (+/-) over 10pF | Tolerance (+/-) under 10pF | Temperature Coefficient |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Black | 0 | 0 | 1 | 20% | 2.0pF | 0 |
| Brown | 1 | 1 | 10 | 1% | | -30 |
| Red | 2 | 2 | 100 | 2% | | -80 |
| Orange | 3 | 3 | 1,000 | | | -150 |
| Yellow | 4 | 4 | 10,000 | | | -220 |
| Green | 5 | 5 | 100,000 | 5% | 0.5pF | -330 |
| Blue | 6 | 6 | 1,000,000 | | | -470 |
| Violet | 7 | 7 | 10,000,000 | | | -750 |
| Gray | 8 | 8 | .01 | | .25pF | +30 |
| White | 9 | 9 | .1 | 10% | 1.0pF | +120 to -750 (EIA) +500 to -330 (JAN) |
| Gold | | | | | | Bypass or Coupling |
| Silver | | | | | | +100 (Jan) |

ඉහත ආකාරයට වර්ණ තීරු යොදාගත්තත් සමහර ධාරිත්‍රකවල එම වර්ණ තීරු දක්වා තිබෙන අනුපිළිවෙල වෙනස් වේ. එනම්, පළමු වර්ණ තීරු තුනෙන් ධාරිත්‍රයේ ධාරිතා අගයද, සිව්වැනි තීරයෙන් සහනතාවද, අවසන් (පස්වැනි) තීරුවෙන් උෂ්ණත්ව සංගුණකයද ඒවායේදී දැක්වේ.

ධාරිත්‍රකවල අගය සොයන තවත් ක්‍රමයක් නම් ඉලක්කම් තුනක් හා ඉංග්‍රිසි අකුරක් සහිත කේත ක්‍රමයයි. මෙහිදී පළමු ඉලක්කම් දෙක එලෙසම ලියා, තෙවැනි ඉලක්කමට සමාන බිංදු ගණනක් දමන්න. එවිට ලැබෙන අගය පිකෝෆැරඩ්වලින් වේ. මෙහිදී විශේෂයෙන් දෙයක් කිව යුතුය (වර්ණ තීරු විස්තරයේදිත් මේ ගැන කතා කළා). එනම්, රෙසිස්ටර්වල මෙන් නොව, කැපැසිටර්වල ගුණාකාරය හඟවන (තුන්වැනි) ඉලක්කමට තිබෙන අගය 8 නම්, එවිට බිංදු 8 ක් නොදමා, ඒ වෙනුවට මුල් ඉලක්කම් දෙකෙන් දැක්වෙන අගය 0.01 න් වැඩි කරන්න. එලෙසම, එම ඉලක්කම 9 නම්, මුල් ඉලක්කම් දෙකෙන් දැක්වෙන අගය 0.1 න් වැඩි කරන්න. අවසන් ඉංග්‍රිසි අකුරින් කියන්නේ සහනතා අගයයි. පහත රූපය අධ්‍යනය කරන්න. එම “ඉලක්කම් තුනේ හා තනි ඉංග්‍රිසි අකුරේ කෝඩ් එක” හෙවත් ඇල්ෆනියුමරික් කෝඩ් එකට අමතරව තවත් කුඩා කෝඩ් එකක් සමහර කැපැසිටර් මත ලියා තිබෙනවා. එයින් කියන්නේ උපරිම වෝල්ටියතාවයි. සමහර කැපැසිටර් වෝල්ටියතාව දැක්වීමට එවැනි කෝඩ් එකක් භාවිතා කරන අතර, සමහර කැපැසිටර් කෙලින්ම වෝල්ටියතාව සඳහන් කරනවා. පහත එම වගු සියල්ල දැක්වේ. පිකෝ, නැනෝ, මයික්‍රො යන ඒවා හැඟවීමට ධාරිතාව අගට යොදන p, n, u ආදී අකුරු කෝඩ්වල අකුරු නොවන බව මතක තබා ගන්න. ඒවා නිකංම රාශියක අගය පෙන්වන අකුරු හෝ දහයේ විවිධ ගුණාකාර හැඟවීමට යොදන අකුරු පමණි.

# Capacitors



Electrolytic Capacitor

10µF 50v

Symbol
(Polarized)

**Max. Operating Voltage**

| Code | Max. Voltage |
|---|---|
| 1H | 50V |
| 2A | 100V |
| 2T | 150V |
| 2D | 200V |
| 2E | 250V |
| 2G | 400V |
| 2J | 630V |

**Tolerance**

| Code | Percentage |
|---|---|
| B | ± 0.1 pF |
| C | ±0.25 pF |
| D | ±0.5 pF |
| F | ±1% |
| G | ±2% |
| H | ±3% |
| J | ±5% |
| K | ±10% |
| M | ±20% |
| Z | +80%, -20% |

**Capacitance Conversion Values**

| Microfarads (µF) | Nanofarads (nF) | Picofarads (pF) |
|---|---|---|
| 0.000001 µF | 0.001 nF | 1 pF |
| 0.00001 µF | 0.01 nF | 10 pF |
| 0.0001 µF | 0.1 nF | 100 pF |
| 0.001 µF | 1 nF | 1,000 pF |
| 0.01 µF | 10 nf | 10,000 pF |
| 0.1 µF | 100 nF | 100,000 pF |
| 1 µF | 1,000 nF | 1,000,000 pF |
| 10 µF | 10,000 nF | 10,000,000 pF |
| 100 µF | 100,000 nF | 100,000,000 pF |

**සටහන**
132 වැනි ඉලක්කම්වලින් පමණක් දැක්වෙන කෝඩ් numeric code ලෙසද, XYS වැනි ඉංග්‍රීසි අකුරුවලින් පමණක් දැක්වෙන කෝඩ් letter/alphabetic code ලෙසද, 132F වැනි ඉලක්කම් හා අකුරු දෙකම කලවම්ව පවතින විට alphanumeric code ලෙසද කෝඩ් නම් කෙරෙනවා.

මීට අමතරව, තවත් ධාරිත්‍රකවල අගය සටහන් කර තිබෙන්නේ ඉහත කිසිම ක්‍රමයකට අනුගත නොවන ක්‍රමක් හෝ කෝඩ් එකකිනි. විශේෂයෙන් SMD වර්ගයේ කැපැසිටර්වල මෙම ක්‍රමය භාවිතා විය හැකියි. එවැනි අවස්ථාවලදී, සුදුසු ටේබල් එකක් (වගුවක්) භාවිතා කරගෙන එම කෝඩ් එකට ගැලපෙන අගය සොයා ගත හැකියි. ඇත්තමට මෙම ක්‍රමය නම් තරමක් කරදරකාරියි මක්නිසාදයත් එක් එක්

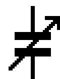
නිෂ්පාදකයා විවිධ කෝඩ් හා වගු ඉදිරිපත් කර තිබෙනවා. සමහරවිට එක් නිෂ්පාදකයෙක් සාදපු එවැනි කැපෑසිටරයක ඇති කෝඩ් එකක් තවත් නිෂ්පාදකයෙක්ද යොදාගන්නට පුලුවන්. එහෙත් ඔවුන් භාවිතා කරන වගු වෙනස් නිසා, කෝඩ් එක සමාන වුවත්, සත්‍ය ධාරිතා අගයන් වෙනස් විය හැකියි. එනිසා, ඔබ සතුව ඇති කැපෑසිටරය නිපදවා ඇති නිෂ්පාදකයාගේ නිවැරදි වගු භාවිතා කරන්න හැමවිටම. (ඇත්තටම මෙම තත්වය කැපෑසිටර්වලට පමණක් නොවේ, රෙසිස්ටර්, ඉන්ඩක්ටර්, ඩයෝඩ්, ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදී අනෙකුත් උපාංග සඳහාද පොදුය; විශේෂයෙන් එම උපාංග SMD ආකාරයෙන් පවතින විට.)

ධාරිත්‍රකද සෑම අගයක් සඳහාම නිපදවා නැත. රෙසිස්ටර් සාදපු ක්‍රමයටම යම් ශ්‍රේණි ලෙස ඒවායේ අගයන් නිපදවා තිබෙනවා. රෙසිස්ටර්වල භාවිතා කළ E12 ශ්‍රේණියම බහුල වශයෙන් කැපෑසිටර් සඳහාද යොදාගන්නවා. මේවායේ සහනතා අගය 10% වේ. මීට අමතරව 20% සහනතා ප්‍රතිශතයක් සහිත E6 ශ්‍රේණිය හා 5% සහනතා ප්‍රතිශතයක් සහිත E24 ශ්‍රේණියද භාවිතා වේ. මීට අමතරව සමහර නිෂ්පාදකයන් ඉහත ශ්‍රේණිවලට අනුගත නොවන අගයන් සහිතවද ධාරිත්‍රක නිපදවනවා.

ධාරිත්‍රක ගැන පොදුවේ අනුගමනය කළ යුතු රීතියක් තිබෙනවා. ඔබ දන්නවා සෑම ධාරිත්‍රකයකටම දැරිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාවක් පවතිනවා. එහෙත් කිසිවිටක එම උපරිම වෝල්ටියතාව දෙන්න එපා. සිරිතක් වශයෙන් හැකි නම් ඔබට අවශ්‍ය වෝල්ටියතාව මෙන් දෙගුණයක වෝල්ටියතාවක් සහිත ධාරිත්‍රකයක් යොදන්න. ඔබ උපකරණ අලුත්වැඩියා කරන විටත් මතක තබා ගත යුතු දෙයක් තිබේ. තිබෙන කැප් එකක් ඉවත් කර අලුත් එකක් යොදන විට, එම ඉවත් කරන කැප් එකේ වෝල්ට් ගණනට සමාන හෝ ඊට වඩා වැඩි වෝල්ටියතාවක් සහිත කැප් එකක් හැමවිටම යොදන්න. ඇත්තටම යොදන කැප් එකේ වෝල්ට් ගණන වැඩි වූවාට ගැටලුවක් නැත (ටිකක් මිල නම් වැඩි වේවි). එහෙත් අඩු වෝල්ට් ගණනක් සහිත කැප් එකක් යොදන්න නම් එපා. අනිවාර්යෙන්ම එය පිලිස්සී යනවා.

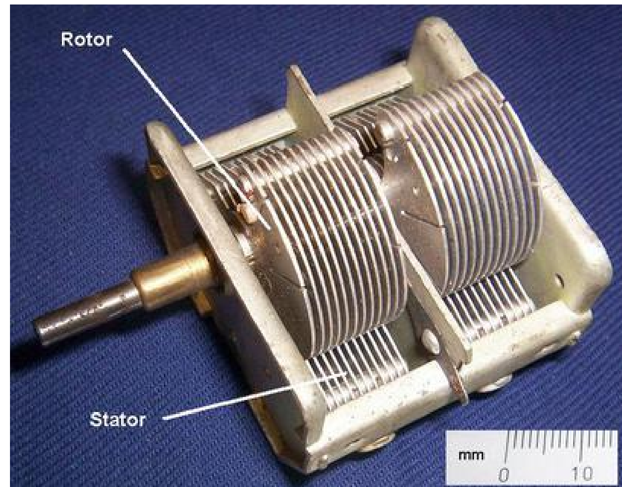
## විචල්‍ය ධාරිත්‍රක

විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධක වගේම, විචල්‍ය ධාරිත්‍රක (variable capacitor) ඇත. විචල්‍ය නොවන ස්ථිර අගයන් සහිත මෙතෙක් සාකච්ඡා කළ ධාරිත්‍රක ස්ථිර ධාරිත්‍රක (fixed capacitor) වේ. වේරියබල් කැප් එකක අගය ශූන්‍යයේ හෝ යම් ඉතා කුඩා අවම ධාරිතා අගයක සිට එහි සඳහන් උපරිම අගය දක්වා සැකසිය හැකියි. මෙවැනි විචල්‍ය ධාරිත්‍රක බහුලවම භාවිතා වන්නේ රේඩියෝවල රේඩියෝ චැනල් ටියුන් කිරීමට බැවින් මේවා tuning capacitor ලෙසද සමහරුන් හඳුන්වනවා. විචල්‍ය ධාරිත්‍රකයක සංකේතය පහත දැක්වේ.



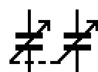
බොහෝවිට දක්නට ලැබෙන්නේ දණ්ඩක් (spindle) කරකවා අගය වෙනස් කළ හැකි පරිදි සාදපු ඒවාය. පොට්වල මෙන්ම විවිධාකාරයේ නොබ් මෙම ස්පින්ඩ්ල් එකට සෙට් කළ හැකියි. සාමාන්‍යයෙන් විචල්‍ය ධාරිත්‍රක විශාල වේ. බොහෝ ඒවායේ අභ්‍යන්තරය ක්‍රියා කරන්නේ එකම ආකාරයකටයි. අභ්‍යන්තරය පහත රූපයේ ආකාරයට සාදා තිබේ. මෙහි දණ්ඩ කරකවන විට, රෝටර් නම් කොටස ස්ටේටර් එක තුළට කැරකැවී ඇතුලු වේ. රෝටර් හා ස්ටේටර් කොටස් දෙස හොඳින් බැලුවොත් ඔබට පේනවා ඒවා සකස් කර තිබෙන්නේ එකිනෙකට ස්පර්ශ නොවී එහෙත් එක් කොටසක් අනෙකට ගාණට ‘‘බසින’’ පරිදිය. සාමාන්‍යයෙන් කැප් එකක් යනු එක ළඟින් ස්පර්ශ නොවී පවතින සන්නායක තැටි දෙකකි. එහි තැටි ගණන වැඩිවන විට, ධාරිතාව වැඩි වේ (වැඩිපුර ඉලෙක්ට්‍රෝන එම තැටිවල

ගබඩා කර තබාගත හැකියි). එනිසා පහත රූපයෙන්ද දැකිය හැකි පරිදි, වේරියබල් කැප් එකක එවැනි තැටි ගණනාවක් යොදනවා. රෝටර් කොටස ස්ටේටර් කොටස තුළට කිදාබැස ඇති විට, කැපැසිටන්ස් එක වැඩි වෙනවා. රෝටර් කොටස් පහත රූපයේද පෙනෙන ආකාරයට ස්ටේටර් කොටස තුළ නොව ඉන් පිටත තිබෙන විට, කැපැසිටර් ක්‍රියාකාරිත්වය එතැන අවම නිසා, කැපැසිටන්ස් එක අඩු වෙනවා. (ඔබ දන්නවා කැපැසිටර් ක්‍රියාකාරිත්වය සිදුවීමට හෙවත් කැපැසිටන්ස් එක වැඩිවීමට නම්, තැටි ඉතා ළඟින් එකිනෙකට “මුහුණට මුහුණ බලාගෙන” හෙවත් සම්මුඛව තිබිය යුතුයි. මෙහි තැටි අතර පරිවාරක කොටස් ලෙස ක්‍රියා කරන්නේ වාතයයි.)



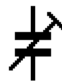

**සටහන**
සමහර ෆොටෝවල ඉහත රූපයේ පෙනෙන පරිදි යම් පරිමාණයක් හෝ අඩිරූලක් හෝ වෙනත් ඔබ නිතර දැක පුරුදු කාසියක්, පෑනක් වැනි වස්තුවක් අදාල උපාංගය සමග පෙන්වනවා. ඊට හේතුව ඔබ දන්නවාද? අදාල උපාංගයේ සයිස් එක ගැන ඔබට වැටහීමක් ලබා දෙන්නයි එය කරන්නේ. සිතන්න යම් උපාංගයක් රුපියල් පහේ කාසියක් සමග පෙන්වනවා කියා. ඔබ රුපියල් පහේ කාසියේ තරම ගැන හොඳින් දන්නවා; දන්නේ නැතිනම් කාසියක් අරං බලන්නට වුවත් පුලුවන්නේ ඉතාම පහසුවෙන්. ඉතිං එම කාසිය හා උපාංගය යන දෙක සංසන්දනය කරන විට, ඔබට එම උපාංගයේ ප්‍රමාණය ගැන සිතාගත හැකි වෙනවා. දැන් ඉහත රූපය බලන්න. එහි පෙන්වනවා අඩිරූලක කොටසක්. මිලිමීටර් 10 ක් එහි දැක්වෙනවා. දැන් ඔබට එම වේරියබල් කැප් එකේ ප්‍රමාණය (දිග පලල) සිතාගත හැකියිනේ. එහි දිග 30mm ක් පමණ වේ යැයි සිතේ. නිකමට හෝ එම අඩිරූල නොතිබුණේ නම්, මෙය වායු සමීකරණයක් තරම් විශාල යැයි වුවත් සමහරවිට සිතීමට හැකියි නේද?

එකම දණ්ඩට වේරියබල් කැපැසිටර් දෙකක් (ඒ කියන්නේ ස්ටේටර්-රෝටර් කොටස් දෙකක්) සවි කළ හැකියි. එවිට, එකම දණ්ඩ කරකවන විට, එකවර ධාරිත්‍රක දෙකක අගය වෙනස් වේ. මේවා සමුළු කැපැසිටර් (ganged capacitors) ලෙස හැඳින්වේ. ඇත්තටම ඉහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ එවැනි ගෑං කැපැසිටර් එකකි. එහි ඔබට පැහැදිලිවම පෙනෙනවා එකම දණ්ඩට රෝටර්-ස්ටේටර් කොටස් දෙකක් සවි කර ඇති බව. ගෑං කැපැසිටර් එකක් අවශ්‍ය නම් පහත පෙනෙන පරිදි තනි සංකේතයෙන් දැක්විය හැකියි.



## ට්‍රිමිං කැප්

නිතර නිතර කැපැසිටන්ස් වෙනස් කිරීමට අවශ්‍ය විට, විචල්‍ය ධාරිත්‍රක යෙදිය හැකියි. එහෙත් සමහර අවස්ථා තිබෙනවා කැපැසිටන්ස් අගය නිතර වෙනස් කිරීමට අවශ්‍ය නැති. එවැනි අවස්ථා සඳහා යෙදිය හැකි විචල්‍ය ධාරිත්‍රක වර්ගයක් හඳුන්වාදී තිබෙනවා. ඒවා trimmer හෝ trimming capacitor ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඒ කියන්නේ, උපකරණයක් නිපදවා එය වෙළඳපොළට නිකුත් කරන අවස්ථාවේදී පමණක් සුදුසු අගයකට ෆැරඩ් ගණන සැකසිය යුතු තැන්වල මේවා යෙදිය හැකියි. එහෙමත් නැතිනම්, කාලයත් සමග තාපය, ගෙවීයැම ආදී හේතු නිසා අගය වෙනස්වන තැන්වලට මේවා යෙදිය හැකියි. එවිට, සෑහෙන්න කාලයකට පසුව එලෙස අගය වෙනස් වීම නිසා උපකරණයේ දෝෂ ඇතිවන විට, ට්‍රිමර් එක සෙමින් කරකවා නැවත නිවැරදි ක්‍රියාකාරිත්වයට පැමිණෙන තෙක් අගය සකස් කළ හැකියි. ට්‍රිමර් එකක සංකේතය පහත දැක්වේ.



රෙසිස්ටර් ගැන කතා කරන විටද ට්‍රිමර්/ප්‍රීසෙට් ගැන කතා කළා මතකද? අන්න එවැනිම ප්‍රයෝජනයක් තමයි ට්‍රිමර්/ට්‍රිමිං කැපැසිටර්වලත් තිබෙන්නේ. ප්‍රීසෙට් හා ට්‍රිමිං කැප් සාමාන්‍යයෙන් සවි කරන්නේ උපකරණය තුළය. ඒ කියන්නේ ඒවා වෙනස් කිරීමට උපකරණයේ භාහිර ආවරණ/කේස් එක ගැලවීමට සිදු වෙනවා. ඉස්කුරුප්පු නියනකින් මේවා කැරකීමට සිදුවේ මොකද ඒවායේ අගය වෙනස් කිරීමට ස්පින්ඩ්ල් නැත. පහත දැක්වෙන්නේ ට්‍රිමර් කිහිපයක රූපය.



සාමාන්‍යයෙන් ප්‍රීසෙට් ප්‍රතිරෝධකයක් සම්බන්ධ කළේ තවත් ප්‍රතිරෝධකයක් සමග ශ්‍රේණිගතවයි. එවිට ප්‍රීසෙට් එක සීරුමාරු කර පහසුවෙන්ම අවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධක අගය සැකසිය හැකියි. එහෙත් සාමාන්‍යයෙන් ට්‍රිමර් කැප් එකක් තවත් කැප් එකකට සම්බන්ධ කරන්නේ සමාන්තරගතවයි. ඊට හේතුව ඔබට සිතාගත හැකියි නේද? (එනම්, ධාරිත්‍රකවලදී සමානතරගත සම්බන්ධතාවේදී තමයි කැප් දෙකේ අගයන් නිකංම එකතු කළ හැක්කේ.) ගණනය කිරීම් පහසුවෙන්ම ඔලුවෙන් කළ හැකියි (මොකද අගයන් නිකංම එකතු කිරීමට පමණයි තිබෙන්නේ). එහෙත්, ඔබට අවශ්‍ය නම් ප්‍රතිරෝධකයක් සමග ප්‍රීසෙට් එක සමාන්තරගතව හා කැපැසිටරයක් සමග ට්‍රිමර් එකක් ශ්‍රේණිගතවත් සම්බන්ධ කළ හැකියි. එවිට, ප්‍රීසෙට් හෝ ට්‍රිමර් කරකවන විට (සීරුමාරු කරනව විට) අගයන් වෙනස් වීම ඔලුවෙන් ගණනය කිරීමට හෝ පෙර අවස්ථාවල මෙන් පහසුවෙන් සිතා ගැනීමට නොහැකි වේ (අදාල සූත්‍ර යොදා ගණනය කිරීමට සිදු වේ). මෙලෙස එක් ධාරිත්‍රකයක් සමග ශ්‍රෙණිගතව සම්බන්ධ

කරන විට, ඊට ට්‍රිමර් එක නොකියා padder හෝ padding capacitor කියාද පැවසිය හැකියි.

විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධක ගැන කතා කිරීමේදී ටේපර්/ලෝ ගැන කතා කළා මතකද? කැපෑසිටර් සඳහාද එවැනි ටේපර් තිබේ. ස්ටේටර් හා රෝටර්වල හැඩය වෙනස් කර විවිධ ටේපර් සහිත වේරියබල් කැප් සාදාගෙන ඇත. තවද, විවිධ විශේෂතා සහිත කැප්ද තිබේ. උදාහරණයක් ලෙස varicap ලෙස හැඳින්වෙන කැපෑසිටර් වර්ගයක් ඇත. මෙය විශේෂිත කැප් එකක් ලෙස හැඳින්වුවත් ඇත්තටම එය විශේෂිත ඩයෝඩයකි. ඩයෝඩ ගැන පාඩමේදී මේ ගැන සලකා බලමු.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ඉගෙනීමේදී වටිනා කරුණක් නිරන්තරයෙන්ම මතක තබා ගන්න. එනම්, ඉගෙන ගන්නා සෑම මූලික ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගයකට අමතරව, විශේෂ හැකියාවන්/ක්‍රියාකාරිත්වයන් සහිතව නිපදවා ඇති අප්‍රධාන උපාංග රාශියක් ඇත. ඇත්තටම ඒ සියල්ලම ගැන ඉගෙනීම අනවශ්‍ය වේ. සමහරවිට එවැනි විශේෂ උපාංග ඔබට ජීවිතයට මිලදී ගැනීමට නොහැකි වීමටද පුලුවන්. සමහරවිට ඒවා සිතාගත නොහැකි තරම් මිල අධික විය හැකියි. සෑම දිනකම එවැනි අලුත් අලුත් අප්‍රධාන උපාංග නිෂ්පාදනය වේ. ඔබ හැමවිටම ප්‍රධාන උපාංගවල වැදගත් කරුණු ඉගෙන ගන්න අනිවාර්යෙන්ම. ඒ සමගම එවැනි අප්‍රධාන එහෙත් සුවිශේෂී උපාංග ගැන විමසිලිමත්වත් සිටින්න.

## කැපෑසිටරය විදුලියට දක්වන හැසිරීම

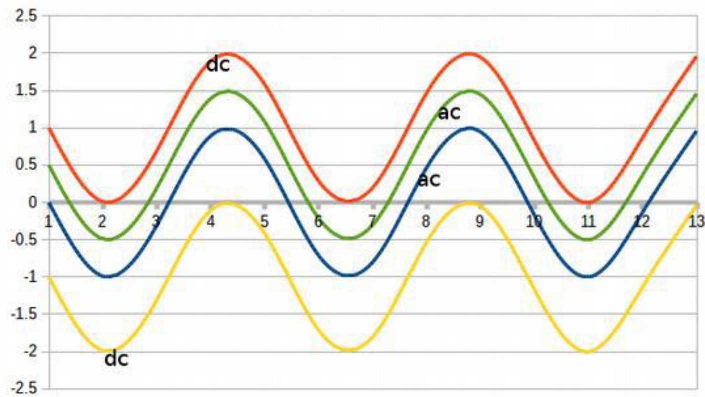
කැපෑසිටර් එකක් විදුලියට දක්වන හැසිරීම එම යොදන විදුලියේ ස්වභාවය අනුව තීරණය වේ. ඉගෙනීමේ පහසුව පිණිස වෙන වෙනම එම හැසිරීම් රටා බලමු (රටා 3 ක් හමුවේ).

**1. විචලනය නොවන ස්ථාවර ඩීසී විදුලියකදී දක්වන හැසිරීම.**

ඔබ දැනටමත් දන්නවා කැප් එකක් මෙවැනි විදුලියක් සම්පූර්ණයෙන්ම බ්ලොක් කරන බව. ඒ කියන්නේ, මේ ගැන අමුතුවෙන් ඉගෙනීමට දෙයක් නැත.

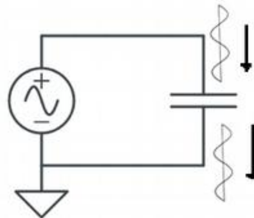
**2. සයිනාකාර තරංග හැඩයක් සහිත (ඒසී හා ඩීසී) විදුලියකදී දක්වන හැසිරීම.**

මෙහිදී විදුලිය ඒසීද ඩීසීද යන්න වැදගත් නැත. ඔබ දන්නවා කැප් එකක් ඒසී හෝ ඩීසී යන වග ගණන් ගන්නේ නැහැ; එය සලකන්නේ විදුලිය විචලනය වෙනවාද නැද්ද යන්නයි. ඉතිං සයිනාකාර තරංගයක් යනු සතතයෙන් (continuously) විචලනය වන විදුලියක්. ප්‍රස්ථාරයක එවැනි විදුලිය අඳින විට සම්පූර්ණයෙන්ම x අක්ෂයෙන් උඩ හෝ සම්පූර්ණයෙන්ම x අක්ෂයෙන් යට එම තරංග හැඩය ඇති විට, එය (විචලනය වන) ඩීසී විදුලියක් ලෙස සැලකෙන අතර, එම තරංග හැඩය කුමන හෝ ලෙසකින් x අක්ෂයේ උඩ හා යට යන දෙකොටසේම පෙනෙන විට, එය ඒසී විදුලියක් ලෙසද (ප්‍රාස්ථාරිකව) සැලකිය යුතුය. පහත ප්‍රස්ථාරයේ රතු වක්‍රය සම්පූර්ණයෙන්ම x අක්ෂය උඩින් ඇති නිසා හා කහ වක්‍රය සම්පූර්ණයෙන්ම x අක්ෂයට යටින් ඇති නිසා ඒ දෙකම "විචලනය වන ඩීසී" (pulsating DC) වේ. එලෙසම කොල හා නිල් පාට දෙකෙන් පෙන්වන වක්‍ර x අක්ෂයෙන් උඩ හා යට දෙකොටසෙහිම එකවර තිබෙන නිසා, එම වක්‍ර දෙක ඒසී වේ.




ඇත්තටම සයිනාකාර තරංග හැඩය යනු “සුපිරිසිදුම” “අංගසම්පූර්ණම” (perfect) විචලන/තරංග ස්වරූපයයි. අනෙක් සෑම විචලනයක්ම/තරංගයක්ම සෑදෙන්නේ විවිධ සංඛ්‍යාතවලින් හා විවිධ විස්ථාරවලින් යුතු මෙවැනි සයිනාකාර තරංග රාශියක එකතුවකිනි. ඕනෑම හැඩයකින් යුතු තරංගයක් සයිනාකාර තරංග රාශියක එකතුවකින් සෑදෙන බව Fourier transformation/analysis යන ගණිත සිද්ධාන්තය මඟින් පෙන්වාදිය හැකිය.

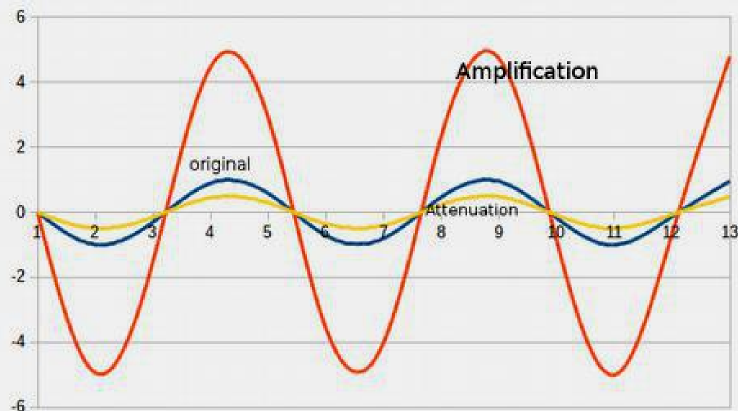
ඉතිං, කැපෑසිටර් එකක් හරහා මෙවැනි පිරිසිදු සයිනාකාර තරංග ආකාරයේ පවතින විදුලියක් කිසිදු විකෘති වීමකින් (distortion) තොරව ගමන් කරයි. විකෘති වීමක් නැතැයි යන්නෙහි තේරුම කැප් එකට දෙන විදුලි වෝල්ටියතාවේ හැඩයම තමයි කැප් එකෙන් ඉවත්වන විටත් තිබෙන්නේ.



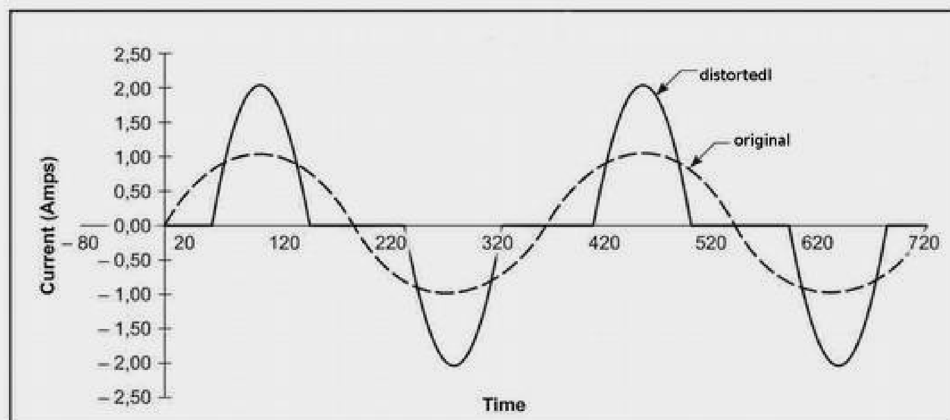
**සටහන**

විදුලියේදී ධාරාව, වෝල්ටියතාව, හා ජවය යනුවෙන් රාශි/ලක්ෂණ තුනක් හමුවේ. මේ සෑම රාශියක්ම කාලයට සාපේක්ෂව හැසිරෙන/ගමන් කරන අයුරු ප්‍රස්ථාර ඇසුරින් පෙන්විය හැකියි. මෙම රාශි තුනෙන් ඕනෑම රාශියක් ගන්න; උදාහරණයක් ලෙස වෝල්ටියතාව ගමු. දැන් මයික් එකකින් හෝ වෙනත් විදුලි සංඥා උත්පාදකයකින් යම් විදුලි සංඥාවක් ඇති වූවා යැයි සිතමු. අප වෝල්ටියතාව යන රාශිය සලකා බලන හෙයින් එම විදුලි සංඥාවේ වෝල්ටියතාව වෙතටයි දැන් අවධානය යොමු කරන්නේ. මෙම ඔරිජිනල් සංඥාව විවිධ ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග හරහා යැමේදී යම් යම් වෙනස්කම් (alteration) ඇති වේ. එය වැළැක්විය නොහැකියි. සමහරවිට, එම සංඥාව (එනම් එම සංඥාවේ වෝල්ටියතාව) “සැර වැඩි” විය හැකියි. ඒ කියන්නේ සංඥාව වර්ධනය වෙලා (සංඥාවේ හැඩය නොවෙනස්ව එහෙත් එහි විස්තාරය විශාල වෙලා). මෙය සංඥා වර්ධනය (amplification) ලෙස හැඳින් වෙනවා. සංඥා වර්ධනයට විරුද්ධ ක්‍රියාව, එනම් සංඥාව “බාල” වියද හැකියි. ඒ කියෙන්නේ සංඥාවේ හැඩය නොවෙනස්ව එහෙත් සංඥාවේ විස්තාරය අඩු වීමයි. මෙය attenuation හෝ de-amplification යන නමින් හැඳින් වෙනවා. සංඥා වර්ධනය හා සංඥා බාල වීම යන දෙකම සංඥාවට සිදු වූ වෙනස්කම්ය. එහෙත් ඒවා සංඥාව විකෘති වීම් ලෙස සලකන්නේ නැත. පහත රූපයේ නිල්පාටින්

පෙනෙන්නේ ඔරිජිනල් තරංගයයි. එය ඔරිජිනල් තරංගය මෙන් පස් ගුණයක් වර්ධනය වූ විට පෙනෙන විදිය රතු පාටින්ද, ඔරිජිනල් තරංගයෙන් භාගයක් ඇටෙනුවේට් වුණාම පෙනෙන විදිය කහ පාටින්ද දැක්වේ.




එසේනම් සංඥා විකෘති වීමක් යන්න හඳුනා ගන්නේ කෙසේද? විකෘතිය යනුද සංඥාවට සිදුවන වෙනස්කමකි. මෙහිදී සිදු වන්නේ සංඥාවේ (සංඥා වෝල්ටියතාවේ) හැඩය වෙනස්වීමයි. සංඥාවේ හැඩය වෙනස් වීම යනු එකම සංඥාවේ තැනින් තැන විවිධ අනුපාතවලින් සැර වැඩිවීම හෝ බාලවීමයි. එනම් සැර වැඩිවීම හෝ බාලවීම සම්පූර්ණ සංඥාවට ඒකාකාරයෙන් සිදු වී නොමැත. පහත රූපයේ කැඩි ඉරිවලින් දැක්වෙන්නේ ඔරිජිනල් ධාරාවේ හැඩයයි. එහි ගනකම් ඉරෙන් පෙන්වන්නේ විකෘති වූ එම ධාරාවමයි.



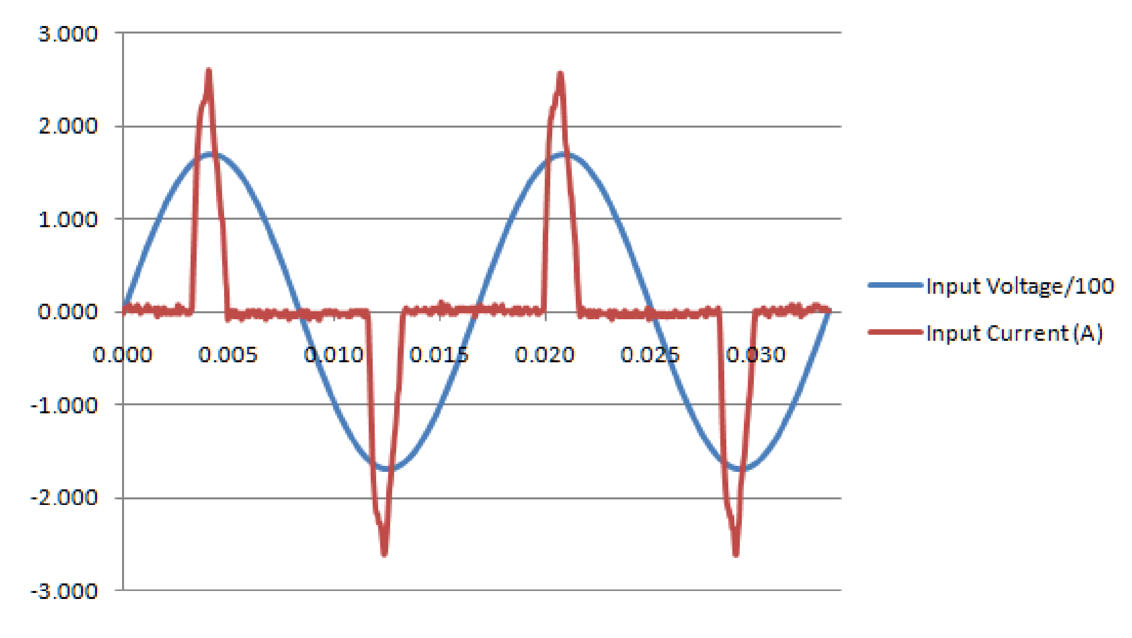

උපමාවක් ඇසුරින් ඉහත විස්තරය සලකා බලමු. ඔබ මිනිසුන් කොතෙකුත් දැක තිබෙනවානේ. එම මිනිසුන්ගේ මුහුණු ආදී අවයවයක් ගැන සිතා බලන්න. මුහුණේ ෆොටෝ එකක් ගෙන එය කුඩාවට බැලුවත්, විශාල බැනර් එකක විශාලව බැලුවත් ඔබට එම මුහුණ පෙනෙන්නේ එකම ලෙසටයි. පොඩි ෆොටෝ එක හරියට සංඥාව ඇටෙනුවේෂන් වීමට හා ලොකු ෆොටෝ එක සංඥාව වර්ධනය වීමට උපමා කළ හැකියි. එහෙත් එම මුහුණේ ඇස්, කන් ආදී අනුකොටස් එක එක සයිස් එකට ඇන්ද විට, ඔබට පෙනෙන්නේ විකෘති වෙච්ච මුහුණක් නේද? එය හරියට සංඥා විකෘතියට උපමා කළ හැකියි.



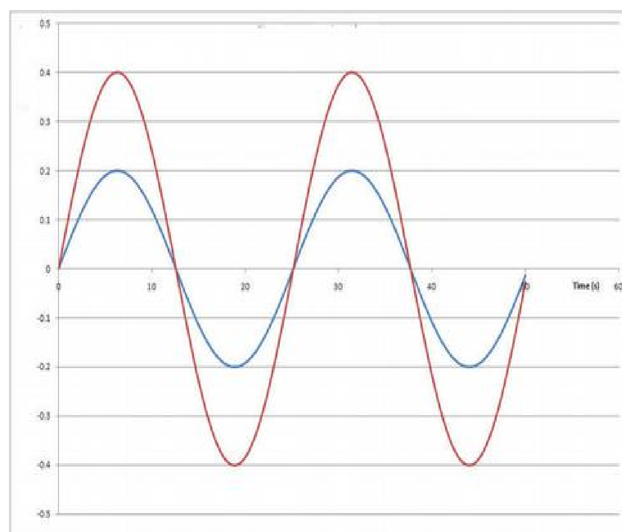
සංඥා විකෘතිය හැකි පමන අඩු කර ගත යුතුය. විකෘති වූවාට පසුත් එම විකෘති සංඥාවෙන් තවමත් මුල් සංඥාවට ආසන්න අදහස/තේරුම/බුද්ධිය පවතී නම් එතරම් ගැටලුවක නැත. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත රූපය විකෘති වී තිබුණත් ඔබට තවමත් එය ඇමරිකානු ජනපති ඔබාමා කියා හඳුනාගැනීමට හැකිය. ඊට හේතුව විකෘති සංඥාව වුවද තවමත් එහි ප්‍රයෝජනවත් බවක් තිබෙන නිසාය. එහෙත් සමහරවිට සංඥාව විශාල ලෙස විකෘති වී තිබුණොත් ඉන් ප්‍රයෝජනයක් නැති වේ (මුල් සංඥාවෙන් කියන දේ හඳුනාගැනීමට නොහැකි වේ). ඒ ඒ යන්ත්‍රය/පද්ධතිය/අවශ්‍යතාව අනුව පැවතිය හැකි උපරිම විකෘතිය ඇත්ත වශයෙන්ම තීරණය වේ. උදාහරණයක් ලෙස, වෛද්‍ය උපකරණයක සංඥාවල ඇතිවන විකෘතිය ඉතාම අවම විය යුතුය.

තවත් අවස්ථාවලදී සංඥාව විකෘති වන්නේ වෙනත් සංඥාවක් එම සංඥාවට මිශ්‍ර වීම නිසාය. බොහෝවිට එය සලකා බලන සංඥාවට වඩා අධිසංඛ්‍යාත, එහෙත් සැර අඩු (එනම් විස්තාරය අඩු) සංඥාවකි. මෙම අමුතුවෙන් එකතුවන සංඥාව ඉතාමත්ම සැර අඩු නම්, එසේ එකතුවන සංඥාව "ඝෝෂාව" (noise) යන නමින් හැඳින්විය හැකියි. වාහනයක් පාරේ යන විට වාතයේ තිබෙන දූවිලි අංශු වාහනයේ බොඩියේ වැදී එහි ඇලවෙනවා/තැන්පත් වෙනවා වාගේ තමයි ගමන් කරන විදුලිමය සංඥාවකට විදුලිමය ඝෝෂාවන් "එල්ලෙන්නේ".

ඉහත සලකා බැලුවේ සංඥාවේ වෝල්ටියතාවට සිදුවිය හැකි දෙවල් හා විකෘතිය ගැනයි. මෙලෙසම සංඥාවේ ධාරාව හා ජවය ගැනත් සලකා බැලිය හැකියි. සංඥාවේ වෝල්ටියතාව කිසිදු විකෘතියකට ලක් නොවී, එම සංඥාවේ ධාරාව හා ජවය විකෘති විය හැකියි. එසේ නැතිනම්, සංඥාවේ ධාරාව විකෘති නොවී එම සංඥාවේ වෝල්ටියතාව හා ජවය විකෘති විය හැකියි. එසෙත් නැතිනම් සියල්ලම එකවර විකෘති විය හැකියි. ජවය යනු ධාරාවේ හා වෝල්ටියතාවේ ගුණිතය නිසා, ධාරාව හෝ වෝල්ටියතාව විකෘති වන විට, අනිවාර්යෙන්ම එය ජවයට බලපාන නිසා, ජවයද විකෘති වේ. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ යම් විදුලි සංඥාවක ධාරාව හා වෝල්ටියතාවයි. ඔබට පේනවා නේද නිල් පාටින් දැක්වෙන වෝල්ටියතාවේ සංඥාව විකෘති නොවී සයිනාකාර ස්වරූපයෙන් පවතින ගමන්, රතු පාටින් පෙන්වන එහි ධාරාව විකෘති වී ඇති බව?

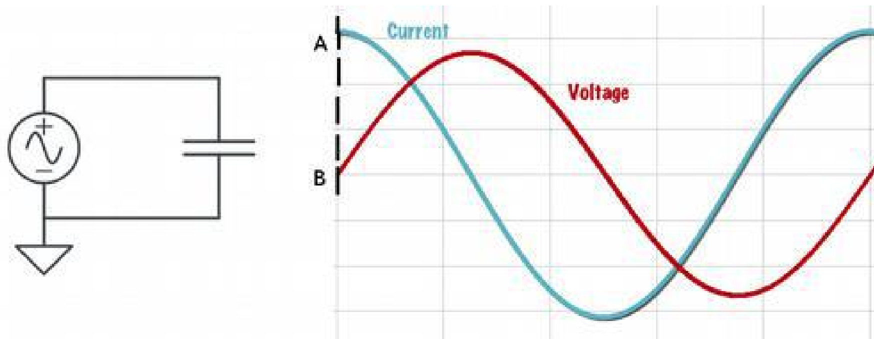



විදුලි වෝල්ටියතාවේ හැඩය වෙනස් නොවුණත් මෙහිදී වෙනත් ඉතාම වැදගත් සිදුවීම් දෙකක් සිදු වේ. සාමාන්‍යයෙන් බැටරියකින් හෝ වෙනත් විදුලි ප්‍රභවයකින් විදුලිය ලැබෙන විට, වෝල්ටියතාව හා ධාරාව පවතින්නේ සම-කලාවේය. ඒ කියන්නේ විභවය හා ධාරාව ශුන්‍ය වන්නේ උපරිම වන්නේ හා අවම වන්නේ එකම මොහොතේය. (කලා ගැන මීට පෙර ප්‍රතිරෝධක පාඩමේ අවසානයේ ඉගෙන ගත්තා මතකද? අවශ්‍ය නම් නැවත කියවා බලන්න.) එවැනි විදුලියක් ප්‍රතිරෝධක (හා සන්නායක) හරහා යැමේදීද එම සම-කලා ස්වභාවය දිගටම ආරක්ෂා කර ගනී. පහත රූපයේ පෙනෙන්නෙ රතුපාටින් වෝල්ටියතාවත් නිල්පාටින් ධාරාවත් සමකලාවේ පවතින අයුරුයි.



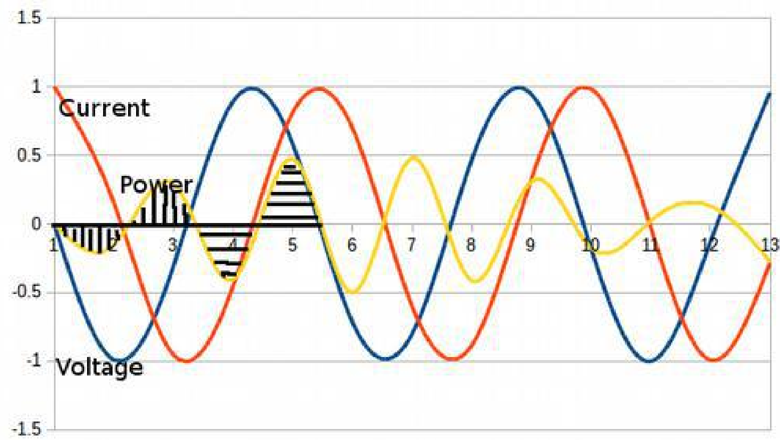
එහෙත් සාමාන්‍යයෙන් සමකලාවේ පවතින විදුලියක් ධාරිත්‍රකයක් හරහා යැමේදී වෝල්ටියතාව හා ධාරාව විසම-කලා ස්වභාවයට පත් වේ. හරියටම එය අංශක 90 ක කලා වෙනසකි. මෙහිදී ධාරාව වෝල්ටියතාවට වඩා ඉදිරියෙන්/මුලින් ගමන් කරයි. ඒනිසා “වෝල්ටියතාව ධාරාව පසුපස යයි” (“voltage lags current”) යනුවෙන් අප එය හඳුන්වනවා. එසේත් නැතිනම්, “ධාරාව වෝල්ටියතාවට

ඉදිරියෙන් ගමන් කරනවා" ("Current leads voltage") යනුවෙන්ද එය ප්‍රකාශ කළ හැකියි. ප්‍රස්ථාරයක් මඟින් මෙම තත්වය ඉතාම පහසුවෙන් පෙන්වා පැහැදිලි කළ හැකියි. (මතකද මීට පෙරත් සඳහන් කළා විදුලියේ කලා පෙන්වීමට හොඳම මෙවලම කලා ප්‍රස්ථාර බව?)




ඉහත කලා ප්‍රස්ථාරයේ වෝල්ටියතාව හා ධාරාව දෙකම එකට දක්වා ඇත. එහි සිරස් කඩ ඉර ඔස්සේ බලන්න. එහි A යනුවෙන් පෙන්වා තිබෙන්නේ ධාරාව උපරිම වී ඇති අවස්ථාවයි. එහිම B යනුවෙන් පෙන්වන්නේ එම අවස්ථාව වන විට වෝල්ටියතාව ශුන්‍ය වී ඇති බවයි. ඔබ දන්නවා සයිනාකාර තරංගයක ශුන්‍යයේ සිට ඉන්පසු හමුවන පළමු උපරිමය දක්වා අංශක 90 ක් තිබෙනවා. ඒ අනුව අපට පහසුවෙන්ම පෙනෙනවා නේද, වෝල්ටියතාව ශුන්‍යයේ තිබෙන විට, ධාරාව අංශක 90 වී තිබෙන බව? ඒ කියන්නේ ධාරාව වෝල්ටියතාව වඩා අංශක 90 ක කලාවකින් ඉදිරියෙන් සිටී. ඉහත රූපයේ ඕනෑම සිරස් රේඛාවක් ඔස්සේ සොයා බලන්න. ඒ හැම තැනකදීම වෝල්ටියතාවට වඩා ධාරාව අංශක 90 කින් ඉදිරියෙන් සිටිනවා.

මෙහි ඇති වැදගත්කම කුමක්ද? ඉහත කලා වෙනස නිසා මෙම උපාංගය කිසිම විටක තාප උත්සර්ජනයක් සිදු කරන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට සිදුවන්නේ වෙනත් දෙයකි. සයිනාකාර විදුලි තරංගයේ ආවර්ත කාලයෙන් භාගයක් තුළදී ධාරිත්‍රකය විසින් කිසියම් විදුලි ශක්තියක් පරිපථයෙන් "සොරාගනී". ඇත්තටම මෙහිදී තාප උත්සර්ජනය කියන වචනය තහනම්ය. ඊට හේතුව තාප උත්සර්ජනයක් සිදු වෙනවා යනු විදුලි ශක්තිය තාප ශක්තිය බවට පරිවර්ථනය වී නාස්ති වන බවයි. එම නාස්ති වෙච්ච (තාප) ශක්තිය නැවත පරිපථය තුළට ගත නොහැකියි. ප්‍රතිරෝධකවලදී සිදුවූයේ එයයි. එහෙත් කැප් එකකදී, එක් විදුලි තරංගයක් සැලකුවොත්, එම තරංගයෙන් පළමු භාගයේදී සිදු වන්නේ තාප උත්සර්ජනයට සමාන දෙයකි. එනම්, පරිපථයෙන් යම් ශක්තියක් නැතිවේ. එය හරියට තාප උත්සර්ජනයකදී තාපය ලෙස ශක්තිය නැති වෙනවා බඳුයි. එහෙත් ලස්සන වැඩේ සිදුවන්නේ එම තරංගයේම දෙවැනි අර්ධයේය. දෙවැනි අර්ධයේදී කැප් එකෙන් පළමු අර්ධයේදී සොරාගත් විදුලි ශක්තිය නැවත පරිපථයට ලබා දේ. කැප් එකට එලෙස නැවත විදුලිය දිය හැකි වූයේ එම ශක්තිය තාපය හෝ වෙනත් ආකාරයකින් නාස්ති නොවූ නිසා නේද? මෙන්න මෙම හේතුව නිසයි මා කිව්වේ කැප් එකකදී තාප උත්සර්ජනය කියන වචනය තහනම් බව. ඒ අනුව, ධාරිත්‍රකයක් යනු විදුලිය නාස්ති නොකරන උපාංගයක්. ඔබ දැනටමත් දන්නවා කැප් එකක විදුලි ශක්තිය (බැටරියක මෙන්) ගබඩා කරගෙන පසුව පරිපථයට ලබා දිය හැකි බවත්. හැබැයි මෙම අවස්ථාවේ කතා කළේ ඒ ගැන නම් නොවේ. මේ කතා කළේ ධාරිත්‍රකයකින් විදුලිය (තාප උත්සර්ජනයක් ලෙස) හානි/නාස්ති නොවුණේ ඇයිද යන කාරණයයි. මෙම ක්‍රියාවලිය ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාව හෝ තරංගයේ සංඛ්‍යාතය, විස්තාරය මත වෙනස් නොවේ. පහත රූපය බලන්න.




ඉහත රූපයේ පෙන්වනවා ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතාව හා ධාරාව අතර පවතින අංශක අනූවේ කලා වෙනස නිසා ධාරිත්‍රකයෙන් කිසිදු විදුලි ශක්තියක් හානි නොවන්නේ කෙලෙසද කියලා. එහි රතු පාටින් ධාරාවද, නිල් පාටින් වෝල්ටියතාවද දැක්වේ. එම දෙකෙහිම ඇත්තේ එකම සංඛ්‍යාතය වන නමුත් අංශක 90 ක කලා වෙනසක් පවතී. එහිම කහ පාටින් දැක්වෙන්නේ එම කැප් එකේ ජවය වෙනස්වන ආකාරයයි. හොඳින් බලන්න. ඔබට පෙනෙනවා ජවය පෙන්වන තරංගයේ සංඛ්‍යාතය වෝල්ටියතාවේ හා ධාරාවේ සංඛ්‍යාතය මෙන් දෙගුණයක් බව (එහෙත් අපට එය එතරම් වැදගත් තොරතුරක් නොවේ). ඒ කියන්නේ ධාරාවේ හෝ වෝල්ටියතාවේ එක් සම්පූර්ණ තරංගයක් ගමන් කරන විට, ජවය තරංග දෙකක් සම්පූර්ණ කරනවා. මා වෝල්ටියතාවේ එක් සම්පූර්ණ තරංගයක් පමණක් විශ්ලේෂණය සඳහා යොදාගෙන තිබෙනවා. එම වෝල්ටියතා තරංගය තුළ පවතින ජව තරංග දෙක මා කලු ඉරිවලින් ලකුණු කර තිබෙනවා. එය හොඳින් නිරීක්ෂණය කරන්න. ඉන් පළමුවෙන්ම x අක්ෂයට පහලින් සිරස් කලු ඉරිවලින් ලකුණු කර ඇති කොටස යනු ජවය/ශක්තිය කැප් එක විසින් ගබඩා කරගන්නා අවස්ථාවයි. ඉන්පසු x අක්ෂයට උඩින් තිබෙන සිරස් කලු ඉරිවලින් ලකුණු කර තිබෙන කොටස ඊට පෙර ශක්තිය ගබඩා කරන විට ලකුණු කළ අර්ධ-තරංග කොටසේ වර්ගඵලයට හරියටම සමානයි නේද? ඔව්. ඒ වගේමයි මෙම කොටස තිබෙන්නේ x අක්ෂයට උඩින් නිසා එය ශක්තිය පිට කරනවා සේ සැලකේ. ඒ කියන්නේ මීට පෙර ගබඩා කළ සියලු ශක්තිය නැවත පිටට ලබා දෙනවා. එලෙසම ජව තරංගයේ ඊළඟට තිරස් කලු ඉරිවලින් ලකුණු කර ඇති කොටස් දෙකද එකිනෙකට වර්ගඵලයෙන් සමාන බව පේනවා. ඒ වගේම එම කොටස දෙක පවතින්නේ එකක් x අක්ෂයට යටින් හා අනෙක උඩින් වශයෙන්. ඒ කියන්නේ මෙහිදීද සිදුවන්නේ එක් තරංග අර්ධකයකදී ගබඩා කරගන්නා ශක්තිය අනෙක් තරංග අර්ධයේදී පිට කරන බවයි. මේ ලෙසට දිගටම මෙම ක්‍රියාවලිය පෙන්විය හැකියි.

### ප්‍රතිබාධකය (reactance)

මීට අමතරව, තවත් වැදගත් දෙයක්ද මෙහි ඉගෙනීමට ඇත. එනම්, පරිපූර්ණ (ideal) කැප් එකක සාමාන්‍යයෙන් ප්‍රතිරෝධයක් නැතැයි අප සලකනවානෙ. එහෙත් සයිනාකාර විදුලියක් ගමන් කරන විට, “අද්භූත ක්‍රමයකින් මෙන්” කැපැසිටරය විසින් ප්‍රතිරෝධයක් එම විදුලියට ඇති කරනවා. විචලනය නොවන විදුලියට නම් එම ප්‍රතිරෝධය අනන්තයක් දක්වා විශාල වේ; එමනිසානේ ඒ හරහා ධාරාවක් ගමන් නොකළේ. මෙම ප්‍රතිරෝධයට කියන්නේ “ප්‍රතිබාධකය” (reactance – $X_c$) කියාය. සාමාන්‍යයෙන් ප්‍රතිරෝධය සංකේතාත්මකව R අකුරින් දක්වතත්, ප්‍රතිබාධකය දක්වන්නේ X අකුරිනි.

ප්‍රතිබාධක වර්ග දෙකක් තිබේ. එකක් නම් ධාරිත්‍රක මඟින් ඇතිවන ප්‍රතිබාධකයයි. ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිබාධකය බව හැඟවීමට X අකුරට පසුව සබ්ස්ක්‍රිප්ට් එකක් ලෙස c (capacitor යන්න ඉන් හැඟවේ) අකුර යෙදේ. ඔබ පසුවට ඉගෙන ගන්නා ඉන්ඩක්ටර්වලින් ඇතිවන ප්‍රතිබාධකය වෙන්කර දැක්වීමට X අකුරට පසුව L සබ්ස්ක්‍රිප්ට් එක යොදනවා.

මෙයට ප්‍රතිරෝධය නොකියා අලුතින් ප්‍රතිබාධකය කියා හැඳින්වූයේ වැදගත් හේතුවක් නිසාය. එනම්, ප්‍රතිරෝධකයකදී අනිවාර්යෙන්ම තාප උත්සර්ජනයක් සිදුවන අතර, ප්‍රතිභාධකයදී කිසිදු තාප උත්සර්ජනයක්/හානියක් සිදු නොවේ. එහෙත් V=IR (V=IX)යන ඕම් නියමය පිළිපදී. ධාරිත්‍රකයක රියැක්ටන්ස් එක ගණනය කරන සූත්‍රය පහත දැක්වේ.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

මෙහි ∏ යනු 3.1416 යන අගය සහිත සුපුරුදු නියත පදයයි. f යනු සයිනාකාර විදුලි වෝල්ටියතාවේ සංඛ්‍යාතය වන අතර C යනු කැපැසිටරයේ ෆැරඩ් අගයයි. උදාහරණයක් ලෙස, හර්ට්ස් 50 ක සංඛ්‍යාතයක් සහිත සයිනාකාර වෝල්ටියතාවකට මයික්‍රොෆැරඩ් 1 ක කැප් එකක් යොදන විට, ඉන් ඇතිවන ප්‍රතිභාධක අගය කීයද? එය, 1/(2 x 3.1416 x 50 x 0.000001) = 3200 ohms වේ. ඒ කියන්නේ කැපැසිටර් එක හරහා එම විදුලි වෝල්ටියතාව ගමන් කරන විට, කැපැසිටර් එකෙන් කිලෝඕම් 3.2 ක් "මවාපානවා". එවිට, අපට පහසුවෙන්ම ඕම් නියමය භාවිතා කර, ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාව ගණනය කළ හැකියි. එහෙත් මතක තබා ගන්න වෝල්ටියතාව හා ධාරාව හැමවිටම අංශක 90 ක කලා වෙනසක් පවත්වාගෙන යනවා කියා.

**සටහන**

ඉහත සූත්‍රය පහසුවෙන් සාධනය කළ හැකියි. මේ සඳහා ගණිතයේ අවකලනය (differentiation) නම් ගණිත ක්‍රමය යොදා ගැනීම අවශ්‍ය කරනවා. ඇත්තටම විද්‍යා හා තාක්ෂණික විෂයන් ඉගෙනීමේදී අවකලනය (හා අනුකලනය) දැන සිටීමට ඉතාම වැදගත් නිසා, මෙම පොතට අතිරේකයක් ලෙස සරල අවකලනය පාඩමක් ඇතුලත් කර තිබෙනවා. තවද එම පොතෙහි තිබූ විද්‍යා අතිරේඛයේ දැනුමද මෙම සාධනය සඳහා අවශ්‍ය කෙරෙනවා.

ඔබ දන්නවා සයිනාකාර තරංගය යන්නට එම නම ලැබී තිබෙන්නෙත් එම තරංගය ගණිතයේ හමුවන සයින් (හා කෝසයින්) ප්‍රස්ථාරයට සමාන නිසා බව (මේ බව පළමු පොතෙහි විද්‍යා/ගණිත අතිරේකවල පැහැදිලි කෙරුණි). සයින් අගය හැමවිටම (y අක්ෂයේ) +1 හා -1 යන අගයන් දෙක අතරයි දෝලනය වන්නේ (එනම් y = sin(x) ලෙස). ගණිතයේ හමුවන සයින් ශ්‍රිතය +1 හා -1 අතර දෝලනය වුවද, එහෙත් පොදුවේ සයිනාකාර තරංගයකට මීට වඩා වෙනස් අගයන් දෙකක් අතර වුවද දෝලනය විය හැකියි. එනිසා, පොදුවේ අප සයිනාකාර තරංගයක සූත්‍රය y = Asin(x) ලෙස ලියනවා (A යනු විස්තාරයයි). දැන් බලමු ඉහත සූත්‍රය සාධනය කරන අයුරු.

ඕනෑම ධාරිත්‍රකයක් සඳහා, Q = CV වේ.
එය කාලය (t) විෂයෙන් අවකලනය කළ විට, (dQ/dt) = C(dV/dt) වේ.
(dQ/dt) හෙවත් "ආරෝපණ/කාලය" යනු ධාරාවයි (I). එනිසා, I = C(dV/dt) වේ. → (a)
සාමාන්‍ය සයිනාකාර වෝල්ටියතාවක් සඳහා, $V = V_o\sin(\Theta) = V_o\sin(wt)$ වේ. (w = Θ/t නිසා)
එය කාලය විෂයෙන් අවකලනය කළ වට, $(dV/dt) = wV_o\cos(wt)$ වේ.

ඉහත (a) සූත්‍රයේ (dV/dt) යන්නට ඉහත සූත්‍රය ආදේශ කළ විට, I = C(w$V_o$cos(wt)) වේ.

ඇත්තටම sin(wt) හා cos(wt) යනු සයිනාකාර තරංගයේ විචලනය පෙන්වන කොටසයි. එම කොටස් ඉවත් කළොත් විචලනය ගණිතමය ක්‍රමයෙන් ඉවත් වේ. ප්‍රතිභාධකය ගණනය කිරීමට මෙම ත්‍රිකෝණමිතික කොටස් අත්‍යවශ්‍ය නොවේ. එනිසා විචලනය නොසලකා හැරි විට, ඉහත සූත්‍රය පහත ආකාරවලට සැකසිය හැකියි.

$$I = wCV \rightarrow I = \frac{V}{\left(\frac{1}{wC}\right)}$$

ඉහත සූත්‍රය I = V/R යන ඕම් සූත්‍රය හා සැසඳිය හැකියි නේද? ඒ අනුව හරයේ ඇති (1/wC) යන කොටස ප්‍රතිරෝධකතාවක් විය යුතුයි නේද? (මක්නිසාද වෝල්ටියතාව යම් රාශියකින් බෙදූවිට ලැබෙන්නේ ධාරාවක් නම්, එම බෙදන රාශිය අනිවාර්යෙන්ම ප්‍රතිරෝධකතාවක් විය යුතුමයි.) තවද, තරංග ගැන ඔබ ඉගෙනීමේදී w (කෝණික ප්‍රවේගය) = 2 π f යන සම්බන්ධතාව ඉගෙන ගත්තා (f යනු සංඛ්‍යාතය වේ). එවිට, ප්‍රතිරෝධකය = (1/wC) = 1/( 2 π f C) යන්න ලැබේ. තවද, මෙය ප්‍රතිරෝධය ලෙස නොව ප්‍රතිභාධකය ලෙසයි හැඳින්වෙන්නේ. ඒ අනුව,

ප්‍රතිභාධකය, X = 1/( 2πfC) වේ.

ඉහත (dQ/dt) = I = C(dV/dt) සූත්‍රය අනුව, අප මීට කලින් කියූ තවත් දෙයක් ගණිතමය ලෙස ඔප්පු කළ හැකියි. විචලනය නොවන විදුලියකට ධාරිත්‍රකය හරහා ගමන් කළ නොහැකි කියා අප ඉගෙන ගත්තානෙ. මෙම සූත්‍රයෙන්ද එය පෙනේ. අවකලනය ගැන දැනුමක් තිබේ නම්, (dV/dt) යන්නෙන් කියන්නේ කුමක්දැයි තේරුම් යාවි. මෙම පදයෙන් කියන්නේ කාලයත් සමග වෝල්ටියතාව වෙනස්වීමයි. අවකලනය අනුව, කාලය අනුව වෝල්ටියතාව වෙනස් නොවේ නම්, ඒ කියන්නේ වෝල්ටියතාව ස්ථාවර නම්, එම පදය ශූන්‍ය වේ. එවිට, මුලු ප්‍රකාශයම ශූන්‍ය වේ. ඒ කියන්නේ ධාරාව ශූන්‍යට සමානයි; විදුලි ධාරාවක් නොගලයි. එහෙත් ධාරිත්‍රකය පළමු වරට එම ස්ථාවර විදුලිය සම්බන්ධ කරන මොහොතේ ධාරිත්‍රකය 0 සිට එම භාහිර වෝල්ටියතාව දක්වා විභවය ක්‍රමයෙන් වැඩි කර ගන්නවා. ඒ කියන්නේ එම කාලය තුල (dV/dt) යන්න ශූන්‍ය නොවේ. ඒ කියන්නේ එම කාලය තුළ පමණක් ධාරාවක් ගමන් කරනවා.

ඉහත V = $V_o$sin(wt) හා I = Cw$V_o$cos(wt) යන සූත්‍ර අනුව, ධාරිත්‍රකයක වෝල්ටියතාව හා ධාරාව අතර පවතින අංශක අනුවේ කලා වෙනසත් ගණිතමය ලෙස ඔප්පු කරන්නට හැකියි. එහි ධාරාවට අදාල සූත්‍රය බලන්න. වෝල්ටියතාවේදී ඇත්තේ සයින් අනුපාතයක් වන අතර, ධාරාවේදී ඇත්තේ කොස් අනුපාතයයි. ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත ගැන දැනුමක් තිබෙනවා නම්, ඔබට මතක් වෙනවා ඇති සයින් හා කොස් අතර තිබෙන්නේ අංශක 90 ක කලා වෙනසක් බව (එනම්, cos(x) = sin(90+x) වේ). ඇත්තටම කෝසයින් යන්නට එම නම ලැබී ඇත්තේද සයින් නිසාය. සයින් අනුපාතයේ සහයකයා යන දළ අදහස එහි ඇත. ඒ කියන්නේ පෙනුමින් එම අනුපාත දෙකෙහිම ප්‍රස්ථාර දෙකම සමාන වන අතර ඇති එකම වෙනස නම්, සයින් ප්‍රස්ථාරයට වඩා අංශක 90 ක් කොස් ප්‍රස්ථාරය ඉස්සර වීමයි.

තවද, I = C(dV/dt) සූත්‍රය අනුව, (dV/dt) යනු වෝල්ටියතාව වෙනස්වන වේගය හෙවත් විදුලියේ සංඛ්‍යාතය නිසා, සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට, ධාරාව වැඩිවන බව එම සූත්‍රයෙනුත් පැහැදිලි කළ හැකියි නේද? ඒ කියන්නේ ප්‍රතිබාධකය අඩුවන බවයි.

ඉහත සූත්‍රය අනුව කැපැසිටරයේ අගය වෙනස් කිරීමෙන් හා ධාරිත්‍රකයට එන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය

වෙනස් කිරීමෙන් ප්‍රතිභාධක අගය වෙනස් වෙනවා. විශේෂයෙන් විදුලි සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය මත ඕම් ගණන (ප්‍රතිභාධකය) වෙනස් වීම මෙහිදී උලුප්පා දැක්විය යුතුය. මෙම සංසිද්ධිය පහත ආකාරයට ප්‍රකාශ කළ හැකියි.

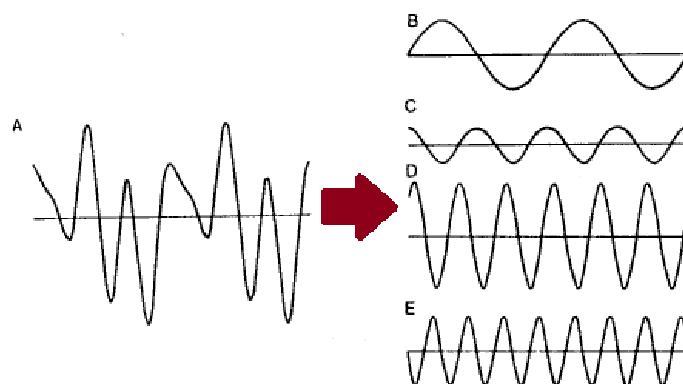
"ධාරිත්‍රකයක් යනු සංඛ්‍යාතය මත වෙනස්වන ප්‍රතිරෝධකයකි."

ඇත්තටම ධාරිත්‍රකයක් බහුලවම යොදාගන්නේ ඉහත ලක්ෂණය පදනම් කරගෙන තමයි. විවිධාකාරයේ ෆිල්ටර් සර්කිට්, කප්ලිං, ඩිකප්ලිං ආදී වචන වලින් කියන්නේ මෙම හැකියාව ප්‍රයෝජනයට ගන්නා අවස්ථා තමයි (මේවා ගැන එකින් එක මොහොතකින් පැහැදිලි කෙරෙනු ඇත).

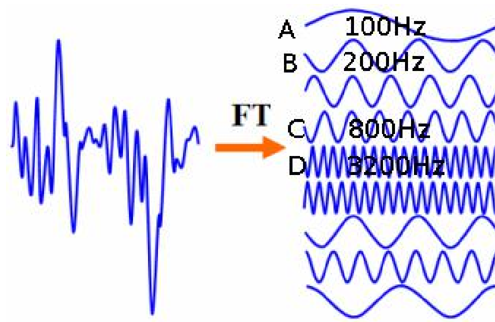
උදාහණයක් නැවත සලකා බලමු. සංඛ්‍යාතය කිලෝහර්ට්ස් 100 ක් හා වෝල්ටියතාව (ඇත්තෙන්ම වෝල්ටියතාවේ උපරිම අගය/විස්තාරය) වෝල්ට් 10 ක සයිනාකාර වෝල්ටියතා සංඥාවක් නැනෝෆැරඩ් 1 ක ධාරිත්‍රකයක් හරහා ගමන් කරනවා යැයි සිතමු. පළමුව ඉන් ඇතිවන ප්‍රතිභාධක අගය බලමු. එය 1/(2 x 3.1416 x 100 000 x 0.000000001) = 1600 ohm වේ. දැන් V=IR හෙවත් V=IX යන ඕම් නියමය අනුව, ධාරිත්‍රකය හරහා ගලන ධාරාව සොයා බලමු. එය I=V/X = (12Volt)/(1600ohm) = 0.0075A හෙවත් මිලිඇම්පියර් 7.5 කි.

**3. වෙනත් ඕනෑම හැඩයක් සහිත විදුලි තරංග සඳහා දක්වන හැසිරීම**

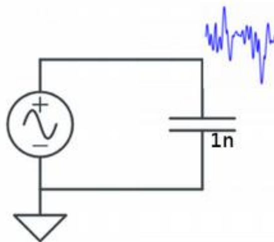
ඉහත දෙවැනි අවස්ථාවේ පෙන්වා දුන්නේ සයිනාකාර තරංග හැඩයක් සහිත විදුලියකට ධාරිත්‍රකය දක්වන හැසිරීමයි. එහිදී ෆූරියර් ගණිත න්‍යාය අනුව වෙනත් ඕනෑම තරංග හැඩයක් යනු එවැනි සයිනාකාර තරංග ගණනාවකගේ එකතුවක් බව පෙන්වා දිය හැකි බවද පැවසුවා. මෙම සයිනාකාර තරංග සියල්ලම සංඛ්‍යාතයෙන් හා විස්තාරයෙන් (හා කලාවෙන්) වෙනස් වේ. මේ අනුව පෙනෙන්නේ ඇත්තෙන්ම සයිනාකාර තරංග හැඩය යනු අනෙක් සෑම තරංග හැඩයකම පදනම බව නේද? උදාහරණයක් ලෙස පහත රූපයේ දැක්වෙන (අක්‍රමවත්) A තරංගය සෑදී තිබෙන්නේ B, C, D, E යන ක්‍රමවත් සයිනාකාර තරංග හතරෙහි එකතු වීමෙනි (තරංග කිහිපයක් එකට එකතු වීම "තරංග අධිස්ථාපනය" (superposition) යන නමින් හැඳින්වෙනවා). රූපයේ පැහැදිලිවම පෙනෙනවා එම සංරචක තරංග හතරෙහි සංඛ්‍යාත හා විස්තාර එකිනෙකට වෙනස් බව.



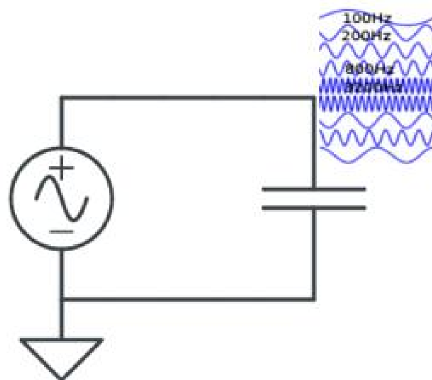

ඉතිං ඔබ යම් ක්‍රමවත් හෝ අක්‍රමවත් හෝ විචලනයන්/තරංගයන් දකින විට, දැන් මතක් විය යුතුයි ඒවා සෑදී තිබෙන්නේ සයිනාකාර තරංග රාශියක් එකට එකතු වීමෙන් බව. දැන් මොහොතක් පහත දැක්වෙන තරංගය සලකන්න.




මෙම (වම් අත පැත්තේ ඇති) තරංගයට අදාල (දකුණු අත පැත්තේ ඇති) සයිනාකාර තරංග ''සෙට් එක'' (ෆූරියර් විශ්ලේෂණ මගින්) බලන්න. ඒවායේ සංඛ්‍යාතයන් ගැන අවධානය යොමු කරන්න. දැන් මෙම තරංගය යම් ධාරිත්‍රකයක් හරහා ගමන් කරන්නේ යැයි සිතන්න.




එවිට මෙම හැඩය සහිත වෝල්ටියතාවට ඉහත රූපයේ නැනෝෆැරඩ් එකේ කැපැසිටරය දක්වන හැසිරීම කුමක්ද? එය එකවරම කිසිවෙකුට කිව නොහැකියි. හේතුව මෙතැන දැන් තිබෙන්නේ සයිනාකාර තරංග හැඩයක් නොවේ. ප්‍රතිභාධකය ගණනය කිරීමටද නොහැකියි (සයිනාකාර තරංගයක් සඳහා පමණි එම සූත්‍රය වලංගු වන්නේ). එහෙත් එම තරංගය මොහොතකට අමතක කරන්න. දැන් සිතන්න ඉහතදී පෙන්වා ඇති එම තරංගයේම ෆූරියර් සංරචක (තරංග) සියල්ල එකවර එම ධාරිත්‍රකය හරහා ගමන් කරනවා කියා.




දැන් ඒ එක් එක් සංරචක සයිනාකාර තරංගයක් සඳහා ඉහත දෙවන අවස්ථාවේ කියපු කරුණු වලංගු වේ. ඒ අනුව a සංරචකයේ සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 100 බැවින් ඉන් ඇතිකරන සම්භාදනය 1/(2 x 3.1416 x 100 x 0.000000001) = කිලෝඕම් 1600 හෙවත් මෙගාඕම් 1.6 කි. එලෙසම b සංරචකය සඳහා සම්භාදක අගය වන්නේ 1/(2 x 3.1416 x 200 x 0.000000001) = කිලෝඕම් 800 කි. එලෙසම, c

සංරචකය සඳහා සම්භාදක අගය කිලෝඕම් 200 ද d සංරචකය සඳහා එම අගය කිලෝඕම් 50 ද වේ.

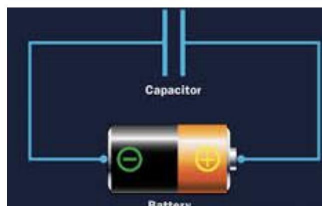
දැන් මෙහෙම කල්පනා කර බලන්න. හර්ට්ස් සියයක් සහිත තරංගය ගමන් කරන විට, එහි කිලෝඕම් 1600 ක් තරම් විශාල ප්‍රතිභාධක අගයක් ඇති නිසා, ඕම් නියමය අනුව එවිට එම වෝල්ටියතා සංඥාවට අයත් ධාරා සංඥාව ඉතා කුඩා වේ. එලෙසම, හර්ට්ස් 200 ක් සහිත තරංගය ගැන සිතූ විට, එහි ඕම් ගණන පෙරට වඩා අඩු බැවින් එම වෝල්ටියතාවට අයත් ධාරා සංඥාව තරමක් විශාලව පවතී. එලෙසම අනෙක් සංඛ්‍යාත සහිත සංඥා ගැනද සිතන්න. මින් හැඟවෙන්නේ එක් එක් සංරචකයක ධාරාවන්වල අගයන් විවිධ අනුපාතවලින් ලැබෙන බව නේද? එවිට සත්‍ය තරංගය වන්නේ එම තරංග සියල්ලේම එකතුව බැවින්, අවසානයේ ලැබෙන ධාරා සංඥාව යම් විකෘති වීමක් සිදු වෙනවා නේද? (මතක තබාගන්න මෙම විකෘතිය ඇතිවන්නේ ධාරාවේය; වෝල්ටියතා සංඥාවල විකෘතියක් ඇති නොවේ.)

ඔබ දන්නවා විදුලියේ ස්වභාව තුනක් (වෝල්ටියතාව, ධාරාව, ජවය) තිබෙන බවත්, මින් එක් ස්වභාවයක් පරිපථය තුළ ප්‍රමුඛව සලකන බවත්. වාසනාවකට මෙන්, බොහෝ අවස්ථාවල අප ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල ප්‍රයෝජනයට ගන්නේ වෝල්ටියතාව නිසා, මෙය එතරම් ගැටලුවක් නොවේ. එහෙත් ධාරාව හා (P=VI අනුව) ජවය මූලිකව යොදා ගන්නා අවස්ථාවලදී මෙම විකෘතිය ප්‍රශ්නයක් වේ.

ධාරිත්‍රකයක් හරහා විදුලියක් ගමන් කිරීමේදී විචලනය වන සංඥාව කුමන ස්වරූපයෙන් තිබුණත් ධාරිත්‍රකය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාව ඔරිජිනල් සංඥාවේ හැඩයම විකෘති නොවී තබා ගන්නා බවත්, සංඥාව පරිපූර්ණ සයිනාකාර තරංග හැඩයේ නොවේ නම් ධාරිත්‍රකයෙන් පිටවන ධාරාවේ හැඩය ඔරිජිනල් සංඥාවේ ධාරාවේ හැඩයෙන් විකෘතිව පවතින බවත් ඉහත සඳහන් කළා. මෙහි එකවර නොපෙනෙන කාරණයක් මතු කිරීමටයි මා හදන්නේ. එම ධාරිත්‍රකය හරහා ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාව නම් පරිපථයේ ඊළඟ පියවරට යොමු කරන්නේ විකෘති නොවූ වෝල්ටියතාව (සංඥාව) එම පසු පියවරයන්ට ලැබේ. එහෙත්, ධාරිත්‍රකයෙන් පිටවන විකෘති වූ ධාරාව නම් ඊළඟ පියවරට යොමු කරන්නේ එතැන් සිට එම විකෘති ධාරාව (සංඥාව) පරිපථය පුරා ගමන් කරයි. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතාවද නැතිනම් ධාරාවද පරිපථයේ පසු කොටස යොදාගන්නේ යන වග අනුව එය තීරණය වෙනවා නේද? (මා පුන පුනා සඳහන් කළා විදුලි සංඥාවක ධාරාව හෝ වෝල්ටියතාව යන දෙකෙන් එකක් සලකන බව.)

## ධාරිත්‍රකයක් චාජ් හා ඩිස්චාජ් වීම

ඉහත විස්තර කළේ ධාරිත්‍රකයක් හරහා යන ඕනෑම විදුලි වෝල්ටියතාවකට සිදුවන දේය (අවස්ථා තුනකට වෙන් කර). මේ සෑම අවස්ථාවකදීම ධාරිත්‍රකය චාජ් වීම හා ඩිස්චාජ් වීම සිදු වෙනවා. චාජ් හා ඩිස්චාජ් වීම ධාරිත්‍රකයක සිදුවන්නේ අපූර්ව ආකාරයකටය. එය දැන් සොයා බලමු. පහත රූපය බලන්න.




මෙහි කැප් එකක් බැටරියකට සම්බන්ධ කර ඇත. ඒ කියන්නේ විචලනය නොවන ස්ථාවර ඩීසී

විදුලියකට එය සම්බන්ධ කරයි තිබෙන්නේ. ඔබ දැන් දන්නවා (දැනටමත් චාජ් නොවූ) කැප් එකක් විදුලියට සම්බන්ධ කරපු ගමන් ඉතා වේගයෙන් එම භාහිර විදුලි සැපයුමේ වෝල්ටියතාව දක්වා චාජ් වෙනවා කියා. මෙම කාලය ඉතා කුඩා වුවත්, මෙම කාලය අපට තව දුරටත් විස්තරාත්මකව විමසිය හැකියි.

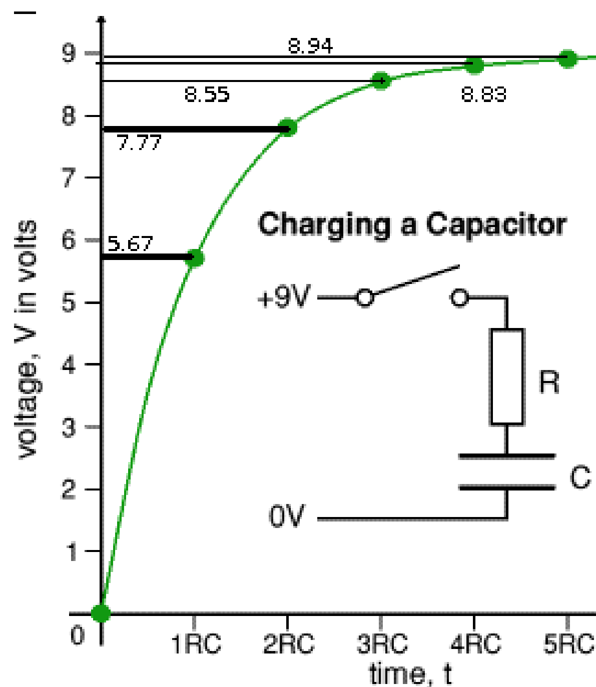
මීට පෙරත් කෙටියෙන් පෙන්වූ පරිදිම, ධාරිත්‍රකයකට විදුලි ධාරාවක් ගලන්නේ සන්නායක හරහාය. ඒවායේ කුඩා හෝ ප්‍රතිරෝධක අගයක් තිබේ මොකද සෑම සන්නායකයකම ප්‍රතිරෝධයක් තිබෙනවා. ඉතිං මෙම කුඩා ප්‍රතිරෝධකතාව නිසා ධාරිත්‍රකයට ලැබෙන ධාරාව තීරණය වේ. ඒ කියන්නේ එම ප්‍රතිරෝධය 10 නම්, ධාරිත්‍රකයට ලැබෙන ධාරා ප්‍රමාණය මෙන් දෙගුණයක් ධාරිත්‍රකයට ලැබෙනවා එම ප්‍රතිරෝධය 5 වූවා නම්. මෙය ඔබ දැනටමත් හොඳින් දන්නා කරුණක් (ප්‍රතිරෝධකයකින් ධාරාව පාලනය වන බව). ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකය හා ශ්‍රේණිගතව පවතින මෙම ප්‍රතිරෝධකතාව වැඩිවන විට එය චාජ් වීමට වැඩි කාලයක් ගනී. මෙහෙම සිතන්න. ඔබේ වත්තක යම් දෙයක් ගබඩා කරනවා කියා. එම වත්තට ඇතුලුවන්නට ඇත්තේ කුඩා ගේට්ටුවක් නම් වත්තට බඩු ගෙන ඒමට වරකට එක් ලොරියකට පමණි ඇතුලට ආ හැක්කේ. ඒ කියන්නේ බඩු ගබඩා කිරීමට කල්ගත වෙනවා නේද? එම ගේට්ටුව විශාලයි නම්, ලොරි කිහිපයක් එකවර ඇතුලට ආ හැකියි. ඒ කියන්නේ ඉක්මනින් බඩු ගේන්න පුලුවන්. මෙන්න මෙම වත්තේ ගේට්ටුවට උපමා කළ හැකියි ඉහත සඳහන් කළ ප්‍රතිරෝධකතාව. ඒ විතරක්ද නොවේ; වත්ත කුඩා නම්, එම වත්ත ඉක්මනින්ම බඩුවලින් පිරවිය හැකියි; එහෙත් වත්ත විශාලයි නම්, එය පිරවීමට වැඩි කාලයක් ගත වෙනවා නේද? මෙය උපමා කළ හැකියි කැපැසිටර් එකේ ධාරිතාවට. ධාරිතාව වැඩි නම්, එය චාජ් වීමට වැඩි කාලයක් ගන්නවා.

## කාල නියතය

මෙම විස්තරයෙන් අපට වැටහෙනවා කැප් එකේ ධාරිතාව හා ධාරිත්‍රකයට ධාරාව සපයන මාර්ගයේ ප්‍රතිරෝධය (හෙවත් ශ්‍රේණිගතව පවතින ප්‍රතිරෝධය) යන සාධක දෙක මත චාජ් වීමට ගත වන කාලය රඳා පවතින බව. ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාව හා මාර්ගයේ ප්‍රතිරෝධය (හෙවත් ශ්‍රේණිගතව පවතින ප්‍රතිරෝධය) යන දෙක එකට ගුණ කළ විට ලැබෙන අගයට ධාරිත්‍රකයේ "කාල නියතය" (time constant – t) ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඒ කියන්නේ,

t = RC

දැන් අපට පුලුවන් ඉතා පහසුවෙන් ධාරිත්‍රකයේ චාජ් හා ඩිස්චාජ් වීම මෙම කාල නියතය අනුව පැහැදිලි කර ගන්නට. කැප් එකක් චාජ් වීමට ගත වන කාලය ප්‍රස්ථාරයකට ගතහොත් පහත ආකාරයේ ප්‍රස්ථාරයක් ලැබේ.



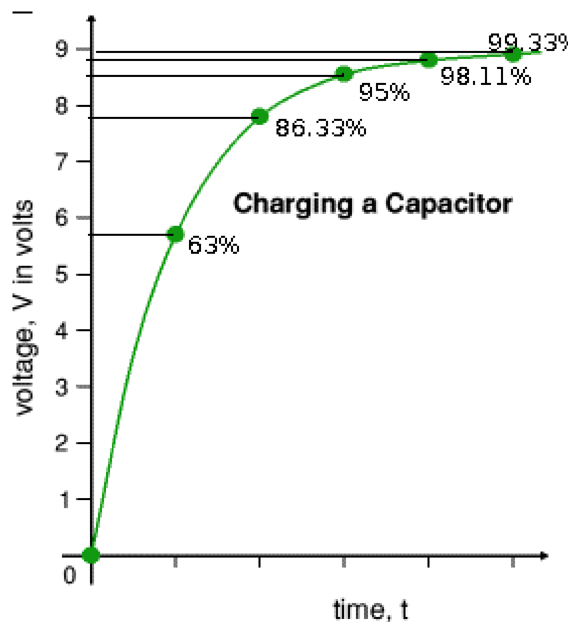

මෙවැනි ප්‍රස්ථාර ගණිතයේදී ඝාතීය ශ්‍රිත (exponential function) ලෙස හැඳින්වෙනවා. මෙහි ඇති සුවිශේෂිත්වය මෙයයි. ධාරිත්‍රකයකට විදුලිය සපයා එක් "කාල නියතයක්" ගත වන අවස්ථාව වන විට, කැප් එක අනිවාර්යෙන්ම තවමත් චාජ් වීමට තිබෙන භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවෙන් 63% ක අගයට චාජ්වේ. ඉහත රූපයේ භාහිරින් සපයන වෝල්ටයතාව 9 කි. එනිසා පළමු කාල නියතය අවසානයේ කැප් එක එම වෝල්ට් 9 න් 63%ක් හෙවත් වෝල්ට් 5.67 ක් දක්වා චාජ් වේ (9x63% = 9x63÷100=5.67). එතැන් සිට නැවතත් එක් කාල නියතයකට පසුව, චාජ්වීමට තිබෙන ඉතිරි අගයෙන් 63%ක් දක්වා චාජ් වේ. ඒ කියන්නේ පළමු කාල නියතයේදී 0 සිට 5.67 තෙක් චාජ් විය. එවිට ඉහත රූපයේ දැක්වෙන උදාහරණයේ, තව චාජ් වීමට ඉතිරිව තිබෙන්නේ වෝල්ට් 9 න් 37% ක් හෙවත් වෝල්ට් 3.33 කි. දෙවැනි කාල නියතය තුලදී එම ඉතිරි 3.33 න් නැවතත් 63% ක් දක්වා චාජ් වේ (3.33 න් 63%ක් යනු 2.1 කි). මෙම දෙවැනි කාල නියතය තුළ තවත් වෝල්ට් 2.1 ක් චාජ් වන්නේ දැනටත් පළමු කාල නියතය තුළ චාජ් වූ 5.67 ට අමතරවයි. එවිට, දෙවැනි කාල නියතයෙන් පසුව කැප් එක 5.67+2.1 = 7.77 වෝල්ට් ප්‍රමාණයක් දක්වා චාජ් වී තිබේ. ඉන්පසුද තවමත් චාජ් වීමට ටිකක් ඉතිරි වේ (9 - 7.77= 1.3 ක ප්‍රමාණයක්). තුන්වන කාල නියතය තුලදී එම ඉතිරි වෝල්ට් 1.3 නුත් 63% ක් හෙවත් 0.82 වෝල්ට් ප්‍රමාණයක් චාජ් වේ. ඒ කියන්නේ තෙවැනි කාල නියතයට පසුව ධාරිත්‍රකය 7.77+0.82=8.59 වෝල්ට් දක්වා කැප් එක චාජ් වේ. ඉන්පසු තවත් චාජ් වීමට ඉතා කුඩා ප්‍රමාණයක් (9-8.59=0.41 වෝල්ට්) ඉතිරි වේ. සිව්වැනි කාල නියතයට පසුව එම ඉතා කුඩා ප්‍රමාණයෙනුත් 63% ක් දක්වා චාජ් වී ධාරිත්‍රකය සම්පූර්ණයෙන්ම වෝල්ට් 8.83 දක්වා චාජ් වේ. එවිට, තවත් ඉතා ඉතා ඉතා කුඩා ප්‍රමාණයක් (9-8.83=0.17) චාජ්වීමට ඉතිරි වේ. මේ ආකාරයට කාල නියත කොතරම් ගියත් කිසි කලෙක සම්පූර්ණ භාහිර වෝල්ටියතාව දක්වා චාජ් විය නොහැකියි නේද (මොකද කොච්චර චාජ් වුවත් සීඝ්‍රයෙන් අඩුවේගන යන පරිදි තවදුරටත් "ටිකක්" චාජ් වීමට හැමවිටම ඉතිරි වේ)?

**සටහන**

ඉහත අවස්ථාව තේරුම් ගැනීමට මා සරල "සිතුවිලි පරීක්ෂණයක්" කියන්නම්. සිතන්න ඔබට මීටර් 10 ඇවිදීමට තිබෙන බව. සාමාන්‍යයෙන් ඔබට තත්පර කිහිපයකින් එම දුර ගෙවා දැමිය හැකි බව කකුලින්

ඇවිදපු ඕනෑම කෙනෙක්ට තේරෙනවනෙ. හරි... මෙහෙම සිතන්න දැන්. ඔබ සෑම තත්පරයකදීම ගෙවා යෑමට තිබෙන දුරින් හරි අඩක් ගෙවා දමනවා කියා. එවිට ඔබට එම මීටර් දහක දුර ගමන් කරන්නට කොතරම් කාලයක් ගත වේද? ඔබට අවුරුදු කෝටි ගණනක් ගියත් එය ගෙවා දැමිය නොහැකිය. තවමත් එය තේරුම් ගත්තේ නැතිනම් සිතා බලන්න. ගමන ආරම්භයේදී ඔබට මීටර් 10 ක් යෑමට තිබෙනවා. එනිසා එක් තත්පරයක් තුළදී එම දුරෙන් භාගයක් හෙවත් මීටර් 5 ක් ඔබ ගෙවා දමනවා. එතකොට තව මීටර් 5 ක් පමණයි යෑමට තිබෙන්නේ. හරි... දැන් දෙවැනි තත්පරයේදී එම ඉතිරි දුරෙන් හරි අඩක් හෙවත් මීටර් 2.5 ක් ගෙවා දමනවා. එවිට, තවත් 2.5 ක දුරක් යෑමට තිබෙනවා. තෙවැනි තත්පරයේදී එම දුරෙන් හරි අඩක් ගෙවා දමනවා. එවිට, තවත් 1.25 ක දුරක් යෑමට තිබෙනවා. මේ ආදී ලෙස තත්පර (පැය, දවස්, අවුරුදු) කොතරම් ගත වුවත්, හැමවිටම තවත් ගමන් කිරීමට දුරක් ඉතිරි වෙනවා නේද? එන්න එන්නම මෙම ඉතිරිවන දුර අඩු වෙනවා. එය කොතරම් අඩු වුවත් කිසිදා 0 වන්නේ නැහැ. ඉහත ධාරිත්‍රකය චාජ් වීමත් ඒ වගේ තමයි.

සෛද්ධාන්තික තත්වය එසේ වුවත් ප්‍රායෝගික තත්වය එසේ නොවේ. ඉහත ප්‍රස්ථාරයම නැවත පහත දැක්වෙනවා එක් එක් කාල නියතයකට පසුව කැප් එක චාජ් වී තිබෙන වෝල්ටියතාව ප්‍රතිශතයන් ලෙස දක්වමින්. පළමු කාල නියතය ඉවර වෙද්දී එය භාහිර වෝල්ටියතාවෙන් හරි අඩකටත් වැඩියෙන් චාජ් වී ඇත (63% ක්). සාමාන්‍යයෙන් කාල නියත 5 ක් අවසානයේ ධාරිත්‍රකය සම්පූර්ණයෙන්ම චාජ් වන බවට ප්‍රායෝගිකව සැලකේ. එසේ සැලකුවාට කිසිදු වරදක් නැත. ඊට හේතුව කාල නියත 5 ක් අවසානයේ ධාරිත්‍රකය භාහිර වෝල්ටියතාවෙන් 99% කටත් වඩා රඳවා ගනී.




මඳක් කල්පනා කර බැලුවොත් ඔබට සමහරවිට සිතේවි, කාල නියත 4 ක් ගැනීම වුවත් ප්‍රමාණවත් නේද කියා (මොකද එවිට ධාරිත්‍රකය භාහිර වෝල්ටියතාවෙන් 98% කටත් වැඩිය දැනටමත් රඳවා ගෙන ඇති නිසා). සිරිතක් ලෙස කාල නියත 5 ගත්තද, ඔබේ අවශ්‍යතාව හැටියට එය කාල නියත 4 ක් ලෙසද ගත හැකියි. ඒ විතරක් නොවේ; ඒ ඒ අවශ්‍යතාව හැටියට කාල නියත කීයක් ගත යුතුද යන්න තීරණය කළ හැකියි. කාල නියත තුනක් වුවද ඔබේ අවශ්‍යතාවට ප්‍රමාණවත් විය හැකියි මොකද එවිට කැප් එක 95%ක් දක්වා චාජ් වී තිබේ. එය උපමාවකින් මෙසේ පැහැදිලි කළ හැකියි. ඔබ බුෆේ ක්‍රමයට කෑම බෙදාගන්නා අවස්ථාවක් සිතා බලන්න. ඔබේ බඩගින්නේ (හා බඩජාරිකමේ) ප්‍රමාණය මත, ඔබට

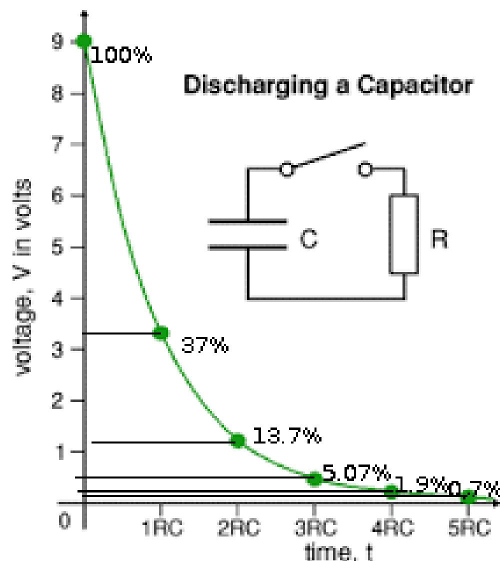
අවශ්‍ය කැම ප්‍රමාණය බෙදා ගන්නවා නේද? අන්න ඒ වගේමයි අදාල පරිපථයේ අවශ්‍යතාව මත කැපැසිටරය කොච්චර චාජ් වීමට අවශ්‍යදැයි තීරණය කළ හැකියි (ඒ කියන්නේ කාල නියත කීයක් ගත යුතුද යන වග). සමහරවිට ධාරිත්‍රකය 60% චාජ් වීම පරිපථයට ප්‍රමාණවත් විය හැකියි. ඒ කියන්නේ කාල නියත එකක් පමණක් එම අවස්ථාවට ප්‍රමාණවත් කියන එකයි. ඔබට පහත කරුණු මෙහිදී වැදගත් වේවි.

1. භාහිර වෝල්ටියතාවෙන් හරි අඩක් (ඒ කියන්නේ 50% ක්) දක්වා චාජ් වීමට ධාරිත්‍රකයට ගත වන කාලය "0.7(කාල නියතය)" වේ (0.7RC).

2. භාහිර වෝල්ටියතාවෙන් 10% මට්ටමේ සිට 90% මට්ටම දක්වා චාජ් වීමට ගතවන කාලය "2.2(කාල නියතය)" වේ. ඔබට මෙහි ඇති වැදගත්කම සමහරවිට දැනට නොතේරෙනවා විය හැකියි. එහෙත් ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී යොදාගන්නේ වෝල්ටියතා මට්ටම් දෙකකි. එහිදී මෙම කරුණ වැදගත් වේ (ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පාඩම්වලදී මේ ගැන සවිස්තරාත්මකව කතා කරමු.)

3. භාහිර වෝල්ටියතාවට ළඟා වීමට කාල නියත 5 ක් ගත වේ.

ඉහත කතා කළේ චාජ් වීම ගැනය. ඩිස්චාජ් වීම ගැනද කතා කරන්නට තිබෙන්නේ එවැනිම දෙයකි. ඩිස්චාජ් වන ප්‍රස්ථාරය පහත ඇත. මෙහිදී සෑම එක් කාල නියතයක් තුලදී චාජ් වෙච්ච කැප් එකක් ඩිස්චාජ් වන්නේ එහි දැනට රඳවා ගෙන (ඩ්‍රොප් වී) ඇති වෝල්ටියතාවෙන් 37% දක්වා ප්‍රමාණයකටය. ඉහත ක්‍රමයටම විග්‍රහ කළ විට, සෛද්ධාන්තිකව කාලය කොච්චර ගියත් එය සම්පූර්ණයෙන්ම 0 දක්වා ඩිස්චාජ් වන්නේ නැහැ. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව එය කාල නියත 5 ක් (හෝ 4 ක් හෝ ඔබට අවශ්‍ය කාල නියත ගණනක්) තුළ ඩිස්චාජ් වන බව සැලකිය හැකියි. ඇත්තටම ඉහත 1 සිට 3 දක්වා කරුණු ඩිස්චාජ් වීමටද අදාල වේ. පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිදි, එක් කාල නියතයකට පසුව 100%ක්ම චාජ් ව තිබූ කැප් එක 37% දක්වා ඩිස්චාජ් වේ. දෙවන කාල නියතයට පසුව එය 13.7% දක්වාද, තෙවන කාල නියතයට පසුව 5% දක්වාද, සිව්වැනි කාල නියතයට පසුව 1.9% දක්වාද, පස්වැනි කාල නියතයට පසුව 0.7% දක්වාද ඩිස්චාජ් වේ.




ඔබට මතකද මීට කලින් ධාරිත්‍රක ශක්තිය ගබඩා කරන උපාංගයක් වශයෙන් පැහැදිලි කරන අවස්ථාවේ, එය ඉතා ක්ෂණිකින් ඩිස්චාජ් වන උපාංගයක් බව පැවසුවා? එහිදී සඳහන් කළා මෙම කාල

නියත පහ හෝ හතර තුළ ධාරිත්‍රකයක් සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වන බව (එහෙත් කාල නියතය යන වචනය එහිදී යොදා ගත්තේ නැහැ). නැවත එය බලන්න අවශ්‍ය නම්.

කැපැසිටරයක් ඩිස්චාජ් වීමේදී පහත දැක්වෙන සූත්‍රයේ ආකාරයෙන් එය සිදු වෙනවා. ගණිතය ගැන දැනුමක් තිබෙන අය දන්නවා e අකුර/නියතය යම් බලයක් සහිතව ඇති විට (එනම් $e^x$ ලෙස ඇති විට) ඉන් ලැබෙන්නේ ඝාතීය ශ්‍රිතයක් බව. මෙම සූත්‍රයෙහි A යනු යම් නියත පදයකි. (එය පර්යේෂණාත්මකව සොයා ගත යුතුය; එහෙත් එම නියත පදය භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවට ($V_S$) අපූරුවට සමානද වේ.) R හා C යනු ප්‍රතිරෝධය හා ධාරිතාව වේ. t යනු කාලය (ස්වායත්ත විචල්‍යය) වන අතර, V යනු ධාරිත්‍රකය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාවයි (පරායත්ත විචල්‍යය). මෙම සූත්‍රය ආශ්‍රයෙන් ඔබට හැකියි ඕනෑම මොහොතක කැප් එක චාජ් වී තිබෙන වෝල්ටියතාව ගණනය කරන්නට. (ඉහත කාල නියත ක්‍රමය යොදා ගත්තේ ඉක්මනින් පරිපථ නිර්මාණය කිරීමේ පහසුව පිණිසයි. හරියටම නිවැරදිව ගණනය කරන්නට අවශ්‍ය නම්, මෙම සූත්‍රයයි භාවිතා කළ යුත්තේ. එහෙත් මෙම සූත්‍රය එතරම් යොදා නොගනී මන්ද කාල නියත ක්‍රමය අපට ඕනවටත් වඩා ප්‍රමාණවත් නිසා.)

$$V = Ae^{-t/(RC)} \qquad (A = V_S)$$

දැන් RC ගුණිතය t ට සමාන වූ විට කුමක් වේද? එවිට -t/(RC) = -1 වේ. ඒ කියන්නේ $e^{-1}$ බවට පත් වේ. එය 1/e වේ (දර්ශක නීති අනුව). e යන නියතයේ අගය 2.7183 වේ. එවිට, 1/2.7183 = 0.37 වේ. ප්‍රතිශතයක් ලෙස එය 37% වේ. කැපැසිටරය ඩිස්චාජ් වීමේ 37% ප්‍රතිශතය ලැබුණේ එලෙසයි. මේ ලෙසම කැපැසිටරය චාජ් වීමට සූත්‍රයක්ද ඇත. මෙහි $V_S$ යනු භාහිර වෝල්ටියතාවයි. ඇත්තටම මෙම සූත්‍රයත් පෙර සූත්‍රයමයි. එකම වෙනස මෙය චාජ්වීමට යොදා ගන්නා නිසා, අන්න එම වෙනස පෙන්වීමයි. ගණිතමය වශයෙන් සිදු කර තිබෙන්නේ $V_S$ වලින් ඉහත සූත්‍රය අඩු කිරීම පමණයි.

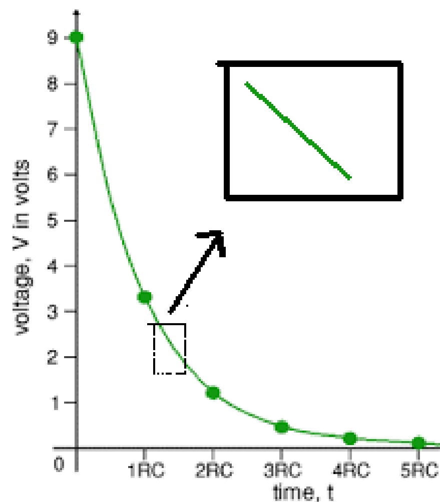
$$V = V_S(1 - e^{-t/(RC)})$$

1 – 0.37 = 0.63 වේ. එය ප්‍රතිශතයක් ලෙස 63% වේ. කැප් එකක් චාජ් වීමේ 63% ප්‍රතිශතය ලැබුණේ එලෙසයි. ඇත්තටම චාජ් වීමේ හා ඩිස්චාජ් වීමේ සූත්‍ර දෙකම ව්‍යුත්පන්න කරන්නේ Q=CV යන සූත්‍රය හා ඕම් නියමය ඇසුරිනි. එය සාධනය කිරීමට තවත් උසස් ගණිත කර්මයක් වන අනුකලනය අවශ්‍ය කරන නිසා මෙහි එම සාධනය පෙන්වන්නේ නැත. ඇත්තටම මෙම සූත්‍ර දෙකෙහි එතරම් ප්‍රයෝජනයක් ඔබට නැත. ඔබ මතක තබා ගත යුත්තේ චාජ්/ඩිස්චාජ් වීමේ ප්‍රස්ථාර හා ඉහත විස්තර කළ කාල නියතය ගැනයි.

කැප් එකක් චාජ් වීමේදී (හා ඩිස්චාජ් වීමේදී) හැමවිටම එය බලන්නේ තමන් දැන් සිටින වෝල්ටියතා මට්ටම හා භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතා මට්ටම අතර වෙනසයි. එම වෙනස කොච්චර ලොකුද පොඩිද යන්න වැදගත් නැහැ - පෙර විස්තර කළ පරිදිම කාල නියත පහක් තුළ එම භාහිර වෝල්ටියතාවට සමාන කැප් එකේ වෝල්ටියතාව සමාන කරගන්නවා.

කැප් එකක් චාජ් හා ඩිස්චාජ් වන විට එය සිදුවන්නේ අරේඛීයවයි (එහි පුදුමයක් නැහැ මොකද ඝාතීය ශ්‍රිත යනු අනිවාර්යෙන්ම අරේඛීයයි). එහෙත් එවැනි අරේඛීය වක්‍රයක වුවත්, ඉතා කුඩා කාලයක්/දුරක් සලකන විට, එම කාලය තුළ ප්‍රස්ථාරය/වක්‍රය රේඛීයව පවතින ලෙස සැලකිය හැකියි. ඒ කියන්නේ ඔබ එවැනි වක්‍රයක පහත රූපයේ රවුම් කර ඇති පරිදි කුඩා කොටසක් විශාල කර බැලූ විට එය ''සාපේක්ෂව රේඛීය'' හැඩයක් පවතී යනුවෙන් සැලකිය හැකියි. ඇත්තටම මෙම කුඩා කොටස වුවද සම්පූර්ණයෙන්ම රේඛීය නොවේ; එහෙත් දළ වශයෙන් රේඛීය වේ. මෙයට හොඳම උදාහරණය මහ

පොලොවයි. ඔබ දන්නවා මහ පොලොව ගෝලාකාරයි. එහෙත් ඔබ පිට්ටනියක හෝ පාරක ඇවිදින විට ඔබ ගෝලයක් වටා යනවා මෙන් කිසිවිටක දැනෙන්නේ නැහැ. ඒ කියන්නේ පොලොම මත සාපේක්ෂව කෙටි දුරක් ගන්නා විට, එම දුර දළ වශයෙන් රේඛීයයි (සත්‍ය වශයෙන් පොලොව රවුම් වුණාට).




ධාරිත්‍රක වර්ග/මාදිලි කිහිපයක්ම ඇතත් ඒ සියල්ලම ගතිගුණවලින් සමාන නොවේ. මොනවද ධාරිත්‍රකයක පවතින ගතිගුණ? ප්‍රමුඛතම ලක්ෂණය නම් ධාරිත්‍රකයේ කැපැසිටන්ස් එකයි. කැපැසිටන්ස් එක වැඩි කිරීමට තැටි දෙක අතර දුර අඩු කිරීමත්, තැටිවල වර්ගඵලය වැඩි කිරීමත් විශාල පාරවේද්‍යතාව අගයන් සහිත ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් යෙදීමත් කළ හැකි බව දැන් ඔබ දන්නවා.

එලෙසම වැදගත් අනෙක් ලක්ෂණය නම් එය සපෝට් කරන (එනම් එයට දැරිය හැකි) උපරිම වෝල්ටියතාවයි. දැරිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාව තීරණය වන්නේ මූලිකවම ධාරිත්‍රකයට යොදන ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක අනුවයි. ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක යනු පරිවාරකයකි. සෑම ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකක්ම තම පරිවාරක ගුණය පවත්වාගෙන යනු ලබන්නේ යම් උපරිම වෝල්ටියතා මට්ටමක් දක්වාය. යම් ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් කැබැල්ලක් දෙපසට මෙම උපරිම වෝල්ටියතාවට වඩා වැඩි වෝල්ටියතාවක් ලබා දුන් විට, එය එකවරම සන්නායකයක් බවට පත්වේ. ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකක එම වෝල්ටියතාව හඳුන්වන්නේ dielectric strength කියාය. breakdown voltage කියාද එය හැඳින්විය හැකියි. එම රාශිය මනින ඒකකය "මීටරයට වෝල්ට්" (V/m) වේ. උදාහරණයක් ලෙස, වාතයේ (වායුගෝලයේ) ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ස්ට්‍රෙන්ත් එක මීටරයට වෝල්ට් 3,000,000 ක් හෙවත් මීටරයට මෙගාවෝල්ට් 3 (3MV/m) කි. කැප්වලට නිතරම යොදන පරිවාරක ද්‍රව්‍යයක් වන මයිකා (mica) වල ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ස්ට්‍රෙන්ත් එක 120MV/m වේ. ඒ කියන්නේ මීටරයක් ඝණකම් මයිකා තැටියක් ගත්විට, එම තැටිය දෙපසට වෝල්ට් 120,000,000 ක් තෙක් වෝල්ටියතාවක් ලබා දුන්නත් එහි පරිවාරක බව දිගටම පවත්වාගනී. මෙම අගයට වඩා වැඩි අගයක් ලබාදුන් විට එම මයිකා තැටිය එකවරම විදුලිය සන්නයනය කරන සන්නායකයක් (ලෝහයක් මෙන්) බවට පත් වේ. තවද, උෂ්ණත්වය වැඩිවන විට බ්‍රේක්ඩවුන් වෝල්ටියතාව ක්‍රමයෙන් අඩුවේ (එනිසා කැප් රත් වීම සුදුසු නොවේ).

මතක තබා ගන්න මේ ලෝකයේ තිබෙන සෑම පරිවාරකයක්ම ඊට සුදුසු අධිවෝල්ටියතාවක් ලබා දුන් විට සන්නායක බවට පත් වේ. වැසි කාලවල අකුණු ගැසීමේදී සිදුවන්නේ වලාකුලු හා පොලොව අතර අති දැවැන්ත වෝල්ටියතාවක් ඇති වී එම අගය වාතයේ ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ස්ට්‍රෙන්ත් එක ඉක්මවා යෑමයි.

එවිට සාමාන්‍යයෙන් හොඳ පරිවාරකයක් ලෙස ක්‍රියා කළ වාතය එකවරම විදුලිය සන්නයනය කරයි. එතකොට තමයි අකුණ පොළොවට ගසන්නේ. තවද, අධිබලැති වෝල්ටියතාවක් වයර් දිගේ එන විට, ඕෆ් කර තිබෙන ස්විචයක් හරහා වුවද එම විදුලිය ගමන් කරන්නේ එම අධිබලැති විභයව ඕෆ් වෙලා තිබෙන ස්විචයේ අග්‍ර දෙක අතර පවතින වාතයේ ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ස්ට්‍රෙන්ත් එක අභිබවා යෑම නිසායි. මෙවැනිම දෙයක් තමයි පෙට්‍රල් එන්ජින්වල ස්පාර්ක් ප්ලග් එකේ සිදුවෙන්නෙත්. මෙලෙස අධිබලැති වෝල්ටියතාවක් නිසා පරිවාරකයක ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ස්ට්‍රෙන්ත් එක අභිබවා ගොස් විදුලිය ගැලීම "විදුලි පුළිඟු" (spark) ලෙස හැඳින්වෙනවා.

දැන් ඉහත මයිකා උදාහරණයම ගමු. මීටරයක ගණකම වෙනුවට මයික්‍රොමීටර් 10 ක ගණකමක් සහිත මයිකා තැටියක්/සිවියක් ගමු. එවිට, මීටරයට 120,000,000 නම්, මයික්‍රොමීටර් 10 ට හෙවත් මීටර් 0.00001 ට වෝල්ට් කොපමණද? එය 120,000,000 x 0.00001 =1200 Volt වේ. ඔබ දන්නවා කැප් එකක යොදන ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් සිවිය ඉතාම තුනී බව (හිඩැස අඩුවන තරමට කැපෑසිටි එක වැඩිවෙනවානෙ). ඉතිං ඉහත පෙන්වූ තරමේ මයිකා සිවියක් නම් යොදා තිබෙන්නේ එම කැප් එකට දැරිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 1200 කි. මයිකා කැබැල්ලේ ගණකම 1um වුවා නම්, දැරිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාව 120V බවට පත් වේ. මෙම ගණකම සහිත මයිකා පතුරක් සහිත කැප් එකකට වෝල්ට් 240 ක් ලබා දුන්නොත් දැන් කුමක් වේවිද? එවිට මයිකා පතුර සන්නායකයක් බවට පත් වේ. එවිට දෙපැත්තේ ඇති සන්නායක තහඩු දෙක ෂෝට් වී ඉක්මනින්ම ගිනියම් වෙන්නම රත් වේ. එවිට කැප් එක පුපුරා යයි; නැතහොත් ගිනිගනී. 10um ගනකම් මයිකා පතුර වෙනුවට නිකංම වාතය තිබුණා නම්, එවිට දැරිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 30 බවට පත්වෙනවා නේද?

කැපෑසිටන්ස් වැඩි කිරීම පිණිස සිවිය තුනී කරන විට, දැරිය හැකි වෝල්ටියතාව අඩු වෙනවා. එවිට සිතේවි වැඩි පාරවේද්‍යතාව අගයක් සහිත ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් යෙදීමෙන් එම ප්‍රශ්නය අඩු කර ගත හැකියි කියා. එහෙත් පාරවේද්‍යතාව වැඩි ද්‍රව්‍යවල ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ස්ට්‍රෙන්ත් එක අඩු විය හැකියි; නැතිනම් ස්ථායිතාව/නිරවද්‍යතාව අඩු වේ. එක ගුණයක් උපරිම කරන්නට යන විට, වෙනත් විදියකින් එය ප්‍රශ්නයක් බවටද පත් වෙනවා.

මීට අමතරව ධාරිත්‍රකයේ ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක තුල තවත් සිදුවීමක් වෙනවා. එනම්, ධාරිත්‍රකය චාජ් වීමෙන් ඇතිවන විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය නිසා එම ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක ද්‍රැවීකරණයට (polarization) ලක් වෙනවා. ඒ කියන්නේ ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකේ එක් පැත්තකට වැඩිපුර ඉලෙක්ට්‍රෝන "බර වෙනවා" (රැස් වෙනවා); එම පැත්ත සෘණ වෙනවා. එවිට ඉබේම අනෙක් කෙළවර ධන බවට පත් වෙනවා (මොකද එම පැත්තේ තිබූ ඉලෙක්ට්‍රෝන තමයි අනෙක් පසට ගමන් කළේ). ධ්‍රැවීකරණය සිදුවීමට ශක්තියක් වැය වෙනවා (ඉලෙක්ට්‍රෝන එහා මෙහා කිරීම පිණිස). ධාරිත්‍රකය දෙපස පවතින වෝල්ටියතාව වැඩි වන විට, එම ද්‍රැවීයකරණයද වැඩි වෙනවා. ද්‍රැවීකරණයක් සිදුවෙනවා කියන්නේ ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක තුළ යම් "කාර්යක්" සිදු වෙනවා කියන එකයි. ලොකු හෝ කුඩා හෝ ඕනෑම කාර්යක් කිරීමේදී එය සිදු කිරීමට ශක්තිය වැය වීම විශ්ව ස්වභාවයයි. ධාරිත්‍රකය තුළ මෙම ශක්තිය වැය වූයේ ධාරිත්‍රකට සැපයූ විදුලි ශක්තියෙන්. ඒ කියන්නේ මෙම ධ්‍රැවීකරණය නිසා ධාරිත්‍රකයෙන් යම් ශක්තියක් වැය කරනවා කියන එකයි. එය හරියට ප්‍රතිරෝධකයකදී සිදු වූ තාප උත්සර්ජනය වගේ නේද? ඇත්තටම මෙහිදීද යම් කුඩා තාපයක් එම ශක්තිය වැය කිරීම නිසා ඇති වෙනවා. මෙය ශක්තිය අපතේ යෑමක්. එහෙත් කිසිසේත්ම එය වැලැක්විය නොහැකියි (හරියටම ප්‍රතිරෝධකයකදී තාප උත්සර්ජනය නතර කිරීමට නොහැකියි වාගේම). මෙම ප්‍රශ්නය බරපතල වෙනවා ධාරිත්‍රකය හරහා විචලනය වන විදුලියක් හට ගන්නා විට (විශේෂයෙන් ඒසී විදුලියකදී). ඊට හේතුව, ඒසී විදුලියකදී එක මොහොතක විදුලි ක්ෂේත්‍රය පිහිටන්නේ එක් දිශාවකටය. එවිට, එම දිශාව ඔස්සේ තමයි ධ්‍රැවීකරණය සිදු වන්නේ. එහෙත් ඊළඟ

මොහොතේ එම දිශාව පිහිටන්නේ විරුද්ධ පැත්තටයි. එවිට, ධ්‍රැවීකරණය සිදු වෙන්නේ අනෙක් පසටයි. එවිට එක පැත්තක රැස්ව සිටි ඉලෙක්ට්‍රෝන වහම අනෙක් පැත්තට රැස් විය යුතුයි. එය හරියට ඔබට මේ පුටුවෙන් වාඩි වෙන්න කියා ඉන්පසු මොහොතකින් එතැනින් නැගිට වෙනත් පුටුවකට වාඩි වෙන්න කියනවා වගේ. මෙය දිගින් දිගටම සිදුවන විට ඔබව මහන්සි වෙනවා නේද (ඒ කියන්නේ ඔබේ ශක්තිය වැය වෙනවා)? මෙම ප්‍රශ්නය තව තවත් බැරෑරුම් වෙනවා විදුලියේ සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට, එවිට එම ක්‍රියාවලිය වැඩි වේගයකින් සිදු වී වැඩි ශක්තියක් වැය වේ. මෙම ධ්‍රැවීකරණය නිසා ඇතිවන ශක්ති හානිය dielectric loss ලෙසයි හැඳින් වෙන්නේ. ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් ලොස් එක අඩු කිරීමට (නැති කිරීමට බැරිය) ඇති එකම ක්‍රමය නම් ධ්‍රැවීකරණය අඩුවෙන් සිදුවන ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකක් යෙදීමයි.

ධාරිත්‍රකයක අග්‍ර/පින් යනු සන්නායක කම්බි වේ. ඒ කියන්නේ ඒවායේ යම් ප්‍රතිරෝධයක් පවතී. ධාරිත්‍රකයක දිගට හෝ කෙටියට හෝ පින් තිබෙන නිසා, අනවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධයක් ධාරිත්‍රකයට ලැබී ඇත. මෙලෙස ධාරිත්‍රකයක ප්‍රතිරෝධයක් තිබීම ආකාර කිහිපයකින්ම නරකට බලපානවා. එකක් නම්, පරිපූර්ණ බවින් ධාරිත්‍රකය ඉවත් වෙනවා. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකයක තිබිය යුත්තේ ධාරිතාවක් පමණක් වුවත් ප්‍රායෝගිකව එම පින් නිසා එහි ශ්‍රේණිගතව ප්‍රතිරෝධයකුත් හටගන්නවා. ප්‍රතිරෝධයක් පවතින විට ඒ හරහා ධාරාවක් යැමෙන් තාප උත්සර්ජනයක් අනිවාර්යෙන්ම සිදු වෙනවා. ඒ කියන්නේ කලින් ධාරිත්‍රකයක් තාප උත්සර්ජනයක් සිදු නොකරයි කියා කීවත්, ප්‍රායෝගිකව කුඩා තාප උත්සර්ජනයක් එය සිදු කරනවා (මෙම "අහක යන" අනවශ්‍ය ප්‍රතිරෝධයක් නිසා). ඒ විතරක් නොවේ, ධාරිත්‍රකය හරහා යන විදුලි සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය ඉහල යන විට මෙම ප්‍රතිරෝධය තවත් වැඩි වේ. ඊට හේතුව චර්මීය ආවරණය (skin effect) වේ. පළමු පොතෙත් මා විස්තර කළා යම් සන්නායකයක්/පරිවාරයකයක් හරහා යන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, ආරෝපණ එම සන්නායකයේ මුලු හරස්කඩින්ම නොගොස් මතුපිටින් ගමන් කරනවා. එවිට සන්නායකයේ "කෘත්‍රිමව" ප්‍රතිරෝධකතාව වැඩි වෙනවා. ඉතිං කැප් එකක මෙම ප්‍රතිරෝධය නිසා ඇති වන ගැටලුව අවම කිරීමට ඇති එකම ක්‍රමය නම් පුලුවන් තරම් දිග අඩුවෙන් පින් තැබීමයි. ඒ කියන්නේ කැප් එකේ පින් කොට කර සර්කිට් එකට පෑස්සීමයි. දිගු පින් සහිතව අර පෙරහැරවල යන "බොරු කකුල් කාරයන්" සේ තබා පෑස්සූ විට සන්නායක කම්බි දිග තවත් වැඩි නිසා ප්‍රතිරෝධ ප්‍රශ්නය උග්‍ර වෙනවා. ඇත්තටම මෙය උග්‍ර ප්‍රශ්නයක් අධිසංඛ්‍යාත පරිපථවලට (විශේෂයෙන් සංඛ්‍යාතය වැඩිවීමෙන් චර්මීය ආවරණය බරපතල වන නිසා).

## Q factor

ඉහත ප්‍රශ්නය සැලකිය යුතු තරමේ එකක් නිසා, ධාරිත්‍රකවලට Q factor ලෙස ගතිලක්ෂණයක් හඳුන්වා දී තිබෙනවා ඉහත ගැටලුව ගැන ගණිතානුකූලව විසඳීමට. මෙයම Quality factor හෝ නිකංම Q යනුවෙන්ද ව්‍යවහාර වෙනවා. එහි සූත්‍රය පහත දැක්වේ. මෙහි Xc යනු ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිබාධකය වන අතර, Rc යනු ධාරිත්‍රකයේ පවතින (ඉහත කතා කළ) අනවශ්‍ය ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එකයි. මෙම ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එකම ESR (Equivalent Series Resistance) යනුවෙන් හැඳින් වෙනවා (මේ ගැන වැඩිදුර විස්තර පසුවට දැක්වේ). කිව් ෆැක්ටර් එකේ අගය වැඩි වන තරමට කැපැසිටර් එක හොඳය. ඒ ඇයිද යන්න පහත සූත්‍රය දෙස බලා සිටියොත් පෙනේවි. Xc නිසා තාප උත්සර්ජනයක් සිදු නොවන අතර, Rc නිසා තාප උත්සර්ජනයක් සිදු වේ. ඒ කියන්නේ Rc අඩු කළොත් කැප් එකේ අපතේ යන ශක්තිය අඩු වෙනවා. Rc අඩු කරනවා යනු Q වැඩි වෙනවා කියන එකයි. Q අගය ඉහල යන්නේ Xc ඉහල යැමෙන් හා Rc පහල යැමෙන්. Xc අමුතුවෙන් ඉහල දැමීමට බැරිය මොකද එය රඳාපවතින්නේ කැපැසිටරයේ

කැපෑසිටන්ස් එක හා විදුලි සංඛ්‍යාතය මතයි. පරිපථයකට අප හැමවිටම යොදන්නේ එම තැනට අවශ්‍ය කරන නිශ්චිත කැපෑසිටන්ස් එකකි. ඒ වගේමයි පරිපථය හරහා යන විදුලි සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය (කිව් අගය ඉහල දැමීම පිණිස) අපට ඕන ඕන විදියට වෙනස් කළ නොහැකියි. එහෙත් අපට පුලුවන් Rc පහල දමන්නට පින් පුලුවන් තරම් කෙටි කිරීමෙන්. තවද, ප්‍රතිරෝධය ඉතා අඩු සන්නායකවලින් එම පින් සෑදීමෙනුත් එය අඩු කළ හැකියි. නිකමට හරි Rc ශූන්‍ය කළ හැකි නම්, කිව් එක අනන්තය දක්වා ඉහල යනවා. එමනිසා සමහර ධාරිත්‍රක සාදා තිබෙනවා පින් ඇත්තෙම නැති තරමට කුඩා කරමින්. smd වර්ගයේ ධාරිත්‍රකවලද පින් ඉතාම කෙටිය (කොතරම් කෙටිද කිව්වොත් ඔබට කිසිම පින් එකක් පිටතින් දකින්නට නොලැබේ).

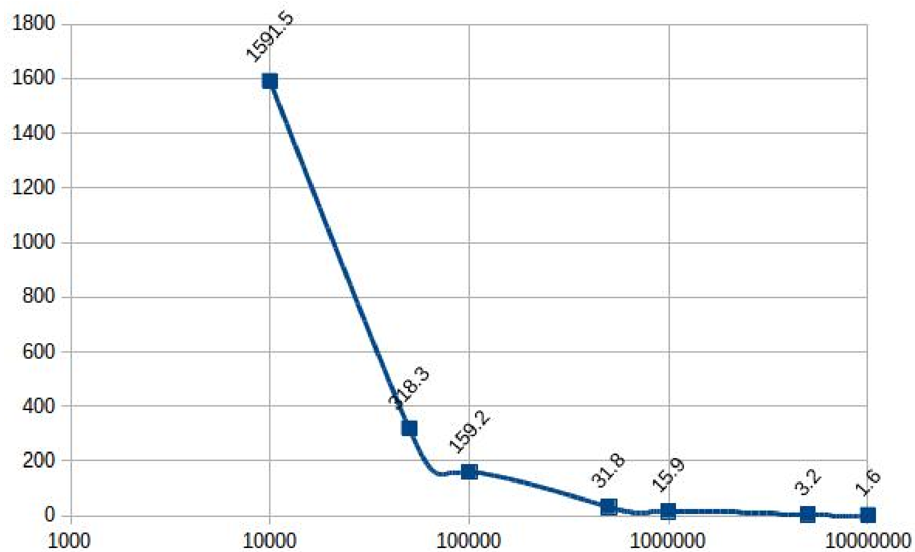
$Q = X_c/R_c$

තවද, $X_c = 1/(2\pi fC)$ නිසා, ඉහත සූත්‍රය පහත ආකාරයට සැකසිය හැකියි.

$Q = 1 / 2\pi fCR_c$

මේ අනුව, සංඥාවේ සංඛ්‍යාතයද, ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාව, හා ධාරිත්‍රකයේ තිබෙන ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එක දන්නවා නම්, කිව් ෆැක්ටර් එක පහසුවෙන්ම සොයා ගත හැකියි නේද? කිව් එක සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය මත රඳාපවතින නිසා, කැප් එකකට එක් කිව් අගයක් පමණක් පෙන්වීමට බැහැ නේද මොකද විවිධ සංඛ්‍යාත සඳහා එය වෙනස් අගයන් ගන්නා නිසා? එනිසා සිරිතක් වශයෙන් කැප් සාදන ආයතන විසින් හර්ට්ස් 1000 ක සංඥාවක් සඳහා තමයි Q අගය ලබා දෙන්නේ. එසේ සොයාගත් කිව් අගය හා ඉහත සූත්‍රය ඇසුරින් අපට දැන් පුලුවන් වෙනස් වෙනස් සංඛ්‍යාත සඳහාත් කිව් අගයන් ගණනය කරන්නට පහසුවෙන්ම (මෙලෙස ඔබ විසින් ගණනය කිරීමෙදි ඉතාමත්ම නිවැරදි කිව් අගයන් නොලැබුණත් දළ වශයෙන් එය නිවැරදි වේ). මයික්‍රොසොෆ්ට් එක්සෙල්, ලීබර්ඔෆිස් කැල්ක් වැනි පරිගණක සොෆ්ටවෙයාර් එකකින් පහසුවෙන්ම ඔබට අවශ්‍ය සංඛ්‍යාත පරාසයකට මෙම ගණනය කිරීම සිදු කර, එය ප්‍රස්ථාරයක් වශයෙන්ද (එනම්, සංඛ්‍යාතය x අක්ෂයටද, Q අගය y අක්ෂයටද යොදාගනිමින්) සාදා ගත හැකියි.

උදාහරණයක් ගෙන බලමු. 10u කැප් එකක Q (1KHz) අගය 16000 වේ. හර්ට්ස් 10000 සිට හර්ට්ස් 10,000,000 දක්වා එහි කිව් අගයන් ප්‍රස්ථාරයකින් දක්වමු. දී ඇති අගයන් ඉහත සූත්‍රයට ආදේශ කර සුලු කිරීමෙන් ඔබට Rc සොයා ගත හැකියි. එය සුලු කළ විට, Rc = 0.001 Ohm වේ (මිලිඕම් එකකි). දැන් නැවතත් ඉහත සූත්‍රයට මෙම Rc යොදා, අපට අවශ්‍ය සංඛ්‍යාත පරාසයේ තෝරාගත් ස්ථාන කිහිපයක අගයන් දෙමින් Q ගණනය කර, එය ප්‍රස්ථාරයක අඳින්න පමණයි තිබෙන්නේ. මා තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයන් නම් 10000, 50000, 100000, 500000, 1000000, 5000000, 10000000 වේ. අතින් ගණනය කර අතින්ම ප්‍රස්ථාරයක් අඳිනවාට වඩා පහසුවෙන් මා මෙය ලීබර්ඔෆිස් කැල්ක් සොෆ්ටවෙයාර් එකෙන් සිදු කර පහත ආකාරයේ ප්‍රස්ථාරයක් ලබා ගත්තා.




සමහර නිෂ්පාදකයන් මෙලෙස විවිධ සංඛ්‍යාත සඳහා කිව් අගය පරීක්ෂණාත්මකව සොයා ප්‍රස්ථාරයක් ලෙස ඒවා ඉදිරිපත් කරන අවස්ථාත් තිබෙනවා. සාමාන්‍ය පරිපථවල අප මෙම කිව් එක ගැන එතරම් තකන්නේ නැත. ඊට හේතුව සාමාන්‍ය පරිපථ යනු අධිසංඛ්‍යාත සිග්නල් සහිත ඒවා නොවීමයි. සාමාන්‍යයෙන් අප භාවිතා කරන බොහෝ ධාරිත්‍රකවල කිව් අගය 50 (1KHz) පමණ වේ. කිව් අගය 50 යනු දළ වශයෙන් 2%ක ශක්ති හානියක් එම කැප් සිදු කරයි කියන එකයි. (Xc 50 කට Rc 1 ක් යන අනුපාතය නිසා, Xc 100 ක් වුවා නම්, Rc 2 කි. ඒ කියන්නේ 2% කි.) අධිසංඛ්‍යාත අවස්ථා සඳහා විශාල කිව් අගයන් සහිත ධාරිත්‍රක මිල දී ගන්න. සාමාන්‍ය ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් කැප්වල කිව් අගය ඉතාම අඩුය (ඒ කියන්නේ ශක්ති හානිය වැඩියි); සෙරමික් කැප්වල (MLCC) විශාල කිව් අගයන් ඇත.

Dissipation Factor (DF) යනුවෙන්ද වචනයක් කැප් සඳහා යොදාගන්නා අතර, එය ඉහත Q Factor හි පරස්පරයයි. DF එකම loss tangent යනුවෙන්ද හැඳින්වෙනවා. එනම්,

DF = 1/Q

කිව් ෆැක්ටර් එකේ වැදගත්කම තවත් කාරණයකදී මතු වේ. එනම්, ඔබ දන්නවා සෑම රෙසිස්ටරයක් හරහාම විදුලියක් ගමන් කරන විට, එම සංඥාවට (සියුම්) ඝෝෂාවක් හැමවිටම එකතු වෙනවා. තවද, රත් වුණු මාධ්‍යක් ඔස්සේ විදුලිය ගමන් කරන විටත් තාපය නිසාද යම් ඝෝෂාවක් ඇති වෙනවා. මෙලෙස බලන විට, කැප් එකක පවතින ස්ට්‍රේ ප්‍රතිරෝධය නිසා මේ දෙයාකාරයේම ඝෝෂාවක් ඇති වෙනවා නේද? ඉතිං, ඝෝෂාව ඉතාම අඩුවෙන් පැවතිය යුතු අතිසංවේදී පරිපථ කොටස්වලට සවි කරන ධාරිත්‍රකද ඉහල කිව් ෆැක්ටර් සහිත ඒවා විය යුතුයි.

## ධාරිත්‍රක මාදිලි

කාබන් කොම්පොසිෂන්, මෙටල් ෆිල්ම් ආදී ලෙස විවිධාකාරයේ ප්‍රතිරෝධක තිබෙන්නා සේ, විවිධ මාදිලියේ ධාරිත්‍රකද නිපදවනවා. දැනටද භාවිතා වන මාදිලි කිහිපයක් සලකා බලමු. එක් එක් මාදිලියේ ගතිගුණ (ධාරිතාව, වෝල්ටියතාව, කිව් ෆැක්ටර් ආදී) වෙනස්ය. ඊට හේතුව ඒවා සෑදීමට ගන්නා ද්‍රව්‍ය මෙන්ම සාදන ක්‍රමවේදයේ වෙනස්කමය. ඒවගේමයි පරිපථ නිර්මාණයේදී ඒ ඒ අවස්ථාව සඳහා විවිධ

ගුණාංග සහිත ධාරිත්‍රක අවශ්‍ය කරනවා. උදාහරණයක් ලෙස, සමහර තැන් සඳහා ඉතා ඉහල වෝල්ටියතාවක් සපෝට් කරන කැප් අවශ්‍ය වේ; තවත් අවස්ථාවකට අවශ්‍ය වන්නේ උෂ්ණත්වය අනුව අගය වෙනස් නොවන කැප්ය; තවත් විටක ඉතා ඉහල කැපෑසිටන්ස් එකක් අවශ්‍ය වේ; තවත් විටක ඉතා නිවැරදි අගයන් සහිත (එනම් ටොලරන්ස් අඩු) කැප් අවශ්‍ය වේ. මේ සියලු ගුණ ඉතා හොඳින් තිබෙන පරිදි කැප් මාදිලියක් සෑදීමට තවමත් නොහැකි වී ඇත. එක් ගුණයක් දියුණු කරන විට, වෙනත් ගුණයක් දුර්වල වේ. ඊට හොඳම උදාහරණය ඇලුමිනියම් ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් කැපෑසිටර්. ඒවායේ කැපෑසිටන්ස් එක ඉතා වැඩිය (හොඳ ගතිගුණය). කැපෑසිටර් මාදිලි අතරින් වැඩිම "ලීක් එකක්" මෙන්ම අඩුම කිව් ෆැක්ටර් එකක් තිබෙන්නේද එයටයි (නරක ගතිගුණ). ඉතිං ඔබ දැනගත යුතු වෙනවා පරිපථයේ නිසි තැනට නිසි ජාතියේ කැප් යොදන්න. මෙය සුලුවට සිතිය නොහැකි ප්‍රශ්නයකි.

කැපෑසිටර් මාදිලි විශාල ප්‍රමාණයක් ඇති අතර, ඒවායේ සමහර සමානකම් නිසා ඒ සියල්ල කාණ්ඩ කිහිපයකට වර්ග කළද හැකියි. Film capacitors යනු මෙවැනි ධාරිත්‍රක කාණ්ඩයකි. නමෙන්ම කියවෙන පරිදි මේවා සාදන්නේ යම් සිවියක් (ෆිල්ම්) ලෙස ඉතා තුනීවට සැකසූ පරිවාරකයක් මැදිකොට එහි දෙපස සන්නායක තැටි දෙකක් තැබීමෙන්ය (සැන්ඩ්විච් එකක් ලෙස). මෙම සන්නායක තැටි දෙක භාහිරින් ගෙනවිත් පරිවාරයකය දෙපස තබනවා වෙනුවට, මෙම සන්නායක තැටි දෙක එම පරිවාරක සිවිය දෙපස විශේෂිත "ආලේප කිරීමකින්" ("වැවීමෙන්") සකස් කර ගැනීමත් සිදු කරනවා. මින් පළමු ක්‍රමය film/foil ලෙසද, දෙවැනි ක්‍රමය metalized ලෙසද හැඳින්වෙනවා. ෆිල්ම්/ෆොයිල් ධාරිත්‍රක අනෙක් වර්ගයට වඩා කරන්ට් සර්ජ් වලට ඔරොත්තු දෙයි. ඒ වගේම ෆිල්ම්/ෆොයිල් කැප්වලට වඩා මෙටලයිස්ඩ් ෆිල්ම් කැප්වල වාසිය වන්නේ ඉහළ ධාරිතාවන් සහිත හා කිසිදා ෂෝට් නොවන කැප් සෑදිය හැකි වීමයි. පරිවාරකය ලෙස යොදාගන්නේ යම්කිසි ප්ලාස්ටික් හෙවත් පොලිමර් (polymer) වර්ගයකි. ඔබ දන්නවා ප්ලාස්ටික් හොඳ පරිවාරක බව. මේ නිසා මෙම කාණ්ඩය පොලිමර් ෆිල්ම් කැප් හා ප්ලාස්ටික් ෆිල්ම් කැප් ලෙසද ප්‍රසිද්ධයි. ප්ලාස්ටික් වර්ග රාශියක් මේ සඳහා යොදා ගන්නා අතර, එලෙස යොදාගන්නා ප්ලාස්ටික් වර්ගයේ නමින්ම ෆිල්ම් කැප් නම් කෙරෙනවා. පසුවට කතා කරන සෙරමික් කැපෑසිටර්වලට පසුව ලෝකයේ වැඩිපුරම භාවිතා කරන කැප් අතර මෙම ෆිල්ම් කැප් තිබේ.

කාලයත් සමග මෙම කැප්වල කොලිටිය අඩුවන්නේ ස්වල්ප වශයෙනි. තවද, අධිවෝල්ටියතා/අධිධාරා භාවිතාවන් සඳහාද මෙම ෆිල්ම් කැප් වර්ග නිපදවා තිබේ. මෙවැනි අධිවෝල්ටියතා හා අධිධාරා සඳහා නිපදවන කැප් power capacitors (ජව ධාරිත්‍රක) ලෙස හැඳින්වේ. සාමාන්‍යයෙන් වෝල්ට්-ඇම්ප් 200 (200 VA) ට වැඩියෙන් සපෝට් කරන ධාරිත්‍රක පවර් කැප් ගණයට වැටේ (දළ වශයෙන් වෝල්ට්-ඇම්ප් යනු වොට්වලට කියන තවත් නමක් ලෙස දැනට මතක තබා ගන්න).

තවද, මේවායේ ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් හා ස්ට්‍රේ ඉන්ඩක්ටන්ස් ඉතාම අඩුය. ඒ කියන්නේ කිව් අගය ඉහළය. අධිසංඛ්‍යාත සංඥා සහිත පරිපථවලට මෙන්ම ඝෝෂාව අඩුවෙන් තිබිය යුතු හෙවත් "අවඝෝෂා" (low noise) පරිපථවලටද මේවා අගනේය. ඉතා කුඩාවට ඉහළ ධාරිතාවන් සහිතව නිෂ්පාදනය කළ හැකි වීමද වාසියකි. ෆිල්ම්/ෆොයිල් කැප් වර්ගය එකවර සුලු කාලයකදී අධිධාරාවක් ගමන් කරන (කරන්ට් සර්ජ්) පරිපථවලට යෙදිය හැකියි.

සාමාන්‍යයෙන් අධිවෝල්ටියතාව හෝ වෙනත් හේතු නිසා කැප් ෂෝට් විය හැකියි. කැප් එකක් ෂෝට් වීම යනු එහි සන්නායක තැටි දෙක අභ්‍යන්තරයෙන් කනෙක්ට් වීමයි (පරිවාරක සිවිය විනාශ වීම නිසා). ඇත්තටම මුලු පරිවාරයකයම එකවර විනාශ වී තැටි දෙක සම්පූර්ණයෙන්ම එකිනෙකට සම්බන්ධ වන්නේ නැත. මුලදී පරිවාරකයේ ඉදිකටු තුඩකටත් වඩා සියුම් ප්‍රදේශයක තමයි මෙම ෂෝට් වීම හටගන්නේ. එම කුඩා ෂෝට්වීමෙන් ඇති වන දැඩි තාපය නිසා ඉතා ඉක්මනින්ම එම ඉතා කුඩා දෝෂය

මුලු පරිවාරකය පුරාම පැතිර යයි. එය භයානක තත්වයක් මොකද එවිට ධාරිත්‍රකය තදින් රත් වී ගිනි ගැනීමට ලක්විය හැකිය.

එහෙත් මෙටලයිස්ඩ් ෆිල්ම් කැප්වල self-healing නම් ලක්ෂණයක් තිබේ. එහිදී යම් හෙයකින් අර මුලින් ඇතිවන ඉතා කුඩා ෂෝට්වීම පැතිර යන්නේ නැතිව ඒ වෙනුවට සිදුවන්නේ එම ෂෝට්වීමෙන් හටගන්නා තාපය නිසා එම ෂෝට් වෙච්ච කොටස වාෂ්ප වී යැමයි. එය හරියට උපමා කරන්න පුලුවන් පිහි තුඩකින් එම ෂෝට් වෙච්ච කොටස කපා ඉවත් කිරීමකට. එනිසා මෙටලයිස්ඩ් ෆිල්ම් කැප් කිසිදා ෂෝට් වන්නේ නැත. එහෙත් මෙම සෙල්ෆ්-හීලිං සිදුවීම නිතර නිතර වීම නිසා ටිකෙන් ටික ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාව අඩු වේ (මොකද කුඩා කුඩා කොටස් ධාරිත්‍රකයෙන් වාෂ්ප වී ඉවත් වෙන නිසා).

අතීතයේ සිට විවිධාකාරයේ ප්ලාස්ටික් වර්ග මේ සඳහා යොදාගත්තත් ප්‍රායෝගික තත්වයන් නිසා අදවන විට ඉන් කිහිපයක් පමණයි ධාරිත්‍රක සෑදීමට යොදාගන්නේ. polypropylene (PP), Polyester (PET), Polyphenylene Sulfide (PPS), Polyethylene Naphthalate (PEN) යන පොලිමර් මේ අතර ප්‍රමුඛස්ථානය ගන්නවා. භාවිතාවන පොලිමර් එක අනුව කැප් එකේ ගතිගුණ තීරණය වේ. සමහර පොලිමර් වර්ග අධික උෂ්ණත්වයකට ඔරොත්තු නොදෙන නිසා, සෑම පොලිමර් වර්ගයකම smd ආකාරයට කැප් මිලදී ගැනීමට නැත (ඊට හේතුව smd උපාංග පාස්සන විට අධික උෂ්ණත්වයක් උපාංගය මතට එල්ල වෙන නිසා). එනිසා අධික උෂ්ණත්වයකට ඔරොත්තු දෙන පොලිමර් වර්ගවල ෆිල්ම් කැප් පමණයි smd ක්‍රමයට නිපදවා තිබෙන්නේ.

දැන් අපි බලමු වර්ථමානයේ භාවිතා වන සියලු ධාරිත්‍රකවලින් 50% කටත් වැඩිය භාවිතාවන සෙරමික් කැපැසිටර් ගැන. මේවායේ පරිවාරකය ලෙස යොදා තිබෙන්නේ සෙරමික් නම් ද්‍රව්‍යයි. සෙරමික් යනු තනි ද්‍රව්‍යයක් නොව, ද්‍රව්‍ය වර්ග රාශියකට කියන පොදු නමයි (ඉහත ෆිල්ම් කැප්වල පොලිමර් යන වචනය වැනිය). ඉහල ධාරිතාවන් සහිත ධාරිත්‍රක ඉතා කුඩාවට සෑදීමට ඇති හැකියාව හා හොඳ කොලිටියෙන් යුතුව අඩු මිලට නිපදවිය හැකි වීම සෙරමික් කැප්වල විශේෂත්වයයි. අති බහුතරයක් සෙරමික් කැප් smd ආකාරයටයි නිපදවන්නේ. සෙරමික් කැප් Class 1, Class 2 ලෙස ප්‍රධාන උපකාණ්ඩ දෙකක් යටතේ නිපදවයි/විකුණයි. ක්ලාස් 1 යනු ඉස්තරම්ම හා මිල අධික උපකාණ්ඩයකි. ක්ලාස් 2 යනු එතරම් ඉස්තරම් නොවුණත් ඉතා හොඳ වර්ගයේ හා මිල අඩු උපකාණ්ඩයකි. සාමාන්‍ය භාවිතය සඳහා මෙම ක්ලාස් 2 භාවිතා කරනවා.

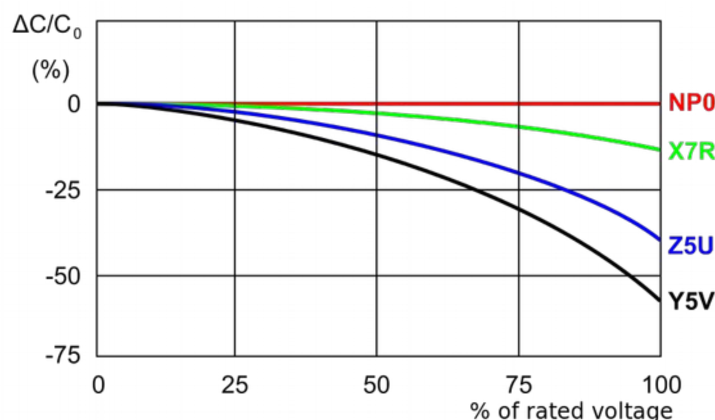
යොදාගන්නා සෙරමික් එක අනුව එහි ගතිගුණ වෙනස් වේ. පාරවේද්‍යතාවට අමතරව, විශේෂයෙන්ම එම ද්‍රව්‍ය ක්‍රියාත්මක වන අවම උෂ්ණත්වය, උපරිම උෂ්ණත්වය, සහනතාව (ටොලරන්ස්) යන ගතිගුණ තුනද ඉන් ප්‍රධාන වේ. මෙම ගතිගුණ ධාරිත්‍රකය මත කෙටි කෝඩ් එකකින් දක්වන සම්මතයන් ඇත. ලොවපුරා භාවිතා කරන්නේ EIA හා IEC (International Electrotechnical Commission) නම් ආයතන විසින් ඉදිරිපත් කරපු ජාත්‍යන්තර සම්මත වේ. මෙම සම්මත අනුව තමයි සෙරමික් කැප් ඉහත ක්ලාස්වලට බෙදා තිබෙන්නෙත්.

EIA ක්‍රමය අනුව, ක්ලාස් වර්ග දෙකෙහි යොදාගන්නා කේත ක්‍රම වෙනස්ය. දැන් අපි බලමු බහුලව භාවිතා කරන ක්ලාස් 2 හි EIA කේත ක්‍රමය. මෙය අකුරු/ඉලක්කම් 3 ක ඇල්ෆනියුමරික් කෝඩ් එකකි. මෙහි පළමු අකුරින් කියන්නේ එය සපෝට් කරන අවම උෂ්ණත්වය වන අතර, දෙවැනියට ඇති ඉලක්කමින් කියන්නේ උපරිම උෂ්ණත්වයයි. තෙවැනියට ඇති අකුරින් කියන්නේ එම උෂ්ණත්ව පරාසය තුළ සහනතාවයි. පහත වගුවේ එම අකුරු/ඉලක්කම් දැක ගත හැකියි.

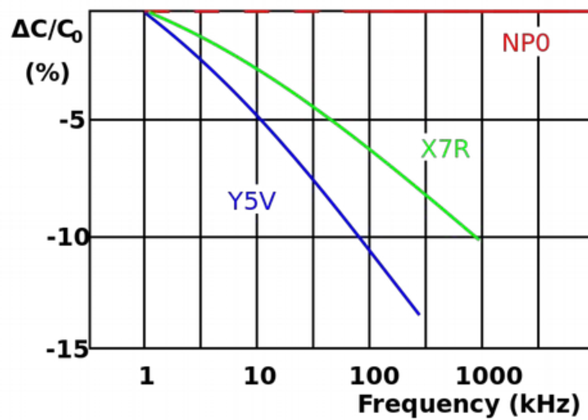
| අවම උෂ්ණත්වය | උපරිම උෂ්ණත්වය | උෂ්ණත්වයේ සහනතාව |
|---|---|---|
| X = −55 °C (−67 °F) | 4 = +65 °C (+149 °F) | P = ±10% |
| Y = −30 °C (−22 °F) | 5 = +85 °C (+185 °F) | R = ±15% |
| Z = +10 °C (+50 °F) | 6 = +105 °C (+221 °F) | S = ±22% |
| | 7 = +125 °C (+257 °F) | T = +22/−33% |
| | 8 = +150 °C (+302 °F) | U = +22/−56% |
| | 9 = +200 °C (+392 °F) | V = +22/−82% |

උදාහරණයක් ලෙස X7S යන කේතය ක්ලාස් 2 සෙරමික් කැප් එකක දුටු විට, ඉන් කියන්නේ එය ක්‍රියා කරන උෂ්ණත්ව පරාසය සෙල්සියස් අංශක -55 සිට +125 දක්වා බවත්, එම උෂ්ණත්ව පරාසය තුළ එහි ටොලරන්ස් අගය 22%ක් බවයි. ඉහත වගුවේ වරහන් තුළ ෆැරන්හයිට් වලින්ද උෂ්ණත්වය දක්වා තිබෙනවා.

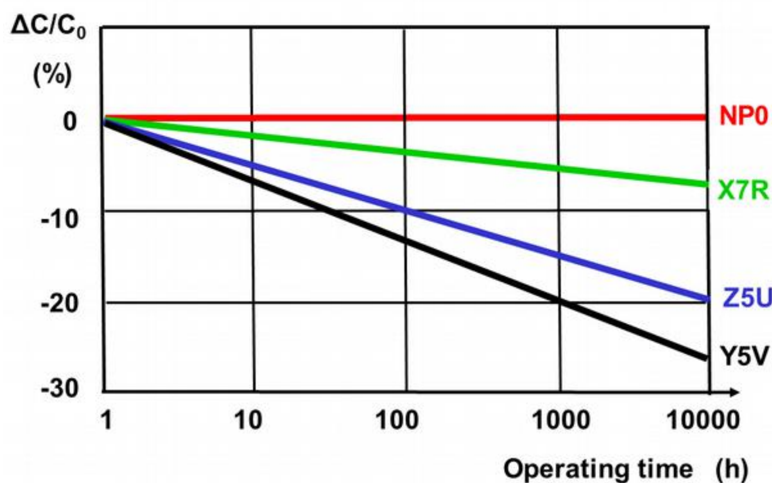
ක්ලාස් 2 සෙරමික් කැප්වල යොදන පරිවාරකවල පාරවේද්‍යතාව ඉතා ඉහල වන අතර, ක්ලාස් 1 ට වඩා එමනිසා මෙම කාණ්ඩයේ කැප්වලට විශාල ධාරිතාවන් ඇති අතරම ප්‍රමාණයෙන්ද ඊට වඩා කුඩාය. එහෙත් මෙහිදී යොදන සෙරමික් ද්‍රව්‍යයේ කොලිටිය ඉස්තරම් නොවේ. එනිසා, සහනතා ප්‍රතිශතය ඉහළය. තවද, උෂ්ණත්වය වෙනස් වන විට, ධාරිතාව වෙනස් වේ. තවද, යොදන වෝල්ටියතාව වැඩි වන විටද, ධාරිතාව අඩු වේ. තවද, කාලයත් සමගද ධාරිතාව සුලු වශයෙන් වෙනස් වේ. (ඇත්තටම කාලය හා උෂ්ණත්වය සමග බොහෝ ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගවල නාමික අගයන් වෙනස් වේ.) ඉහත මා ක්ලාස් 2 සංසන්දනය කළේ ක්ලාස් 1 ත් සමගයි. සංඛ්‍යාතය හෝ උෂ්ණත්වය හෝ වෝල්ටියතාව වෙනස් වීම නිසා හෝ කාලය නිසා ධාරිතාව වෙනස් වීම/නොවීම ස්ථායිතාව (stability) යන වචනයෙන් හඳුන්වනවා. ඒ අනුව, ක්ලාස් 2 සෙරමික් ධාරිත්‍රක ක්ලාස් 1 ට වඩා ස්ථායිතාව අඩුය. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ වෝල්ටියතාව වෙනස් වීමේදී ක්ලාස් 1 (රතු පාට වක්‍රය) හා ක්ලාස් 2 ධාරිත්‍රක සමහරක් තමන්ගේ ධාරිතාව වෙනස් කර ගන්නා ප්‍රමාණයන් පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයකි. ඔබට පේනවා ක්ලාස් 1 ධාරිත්‍රකය වෝල්ටියතාව වෙනස් වූවාට තමන්ගේ අගය වෙනස් කරගන්නේ නැති බව.




පහත රූපයෙන් දැක්වෙන්නේ සංඛ්‍යාතය වෙනස් වීම මත ක්ලාස් 1 හා 2 ධාරිත්‍රකවල ධාරිතාවන් වෙනස් වීම පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයක්. ඔබට පැහැදිලිවම පෙනෙනවා (රතු පාටින් පෙනෙන වක්‍රයෙන්) ක්ලාස් 1 ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාව සංඛ්‍යාතය මත වෙනස් නොවන බව.




පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ කාලයත් සමග ක්ලාස් 1 හ 2 ධාරිත්‍රක වෙනස්වන ආකාරය පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයකි. මෙහිද පැහැදිලිවම පේනවා ක්ලාස් 1 ධාරිත්‍රකය (රතුපාටින්) කාලයත් සමග වෙනස් නොවන බව.




මීට අමතරව, ක්ලාස් 2 සෙරමික් ධාරිත්‍රකවල microphony (හෝ microphonics) ලෙස හැඳින්වෙන තවත් අපූරු එහෙත් කරදරකාරි දෙයක් සිදු වේ. සෙරමික් ද්‍රව්‍යවලට piezo-electricity නම් ගතිගුණයක් තිබේ. ඒ කියන්නේ කුඩා සෙරමික් කැබැල්ලක් ගෙන එය දෙපසට විචලනය වන විදුලියක් ලබා දෙන විට, එම සෙරමික් කැබැල්ල එම විදුලි විචලනයට අනුරූපව කම්පනය වෙනවා. ඇත්තටම පීසෝ ස්පීකර්/බසර් සාදා තිබෙන්නේ මෙම ගුණය උපයෝගි කරගෙනයි (එනම්, ශබ්දයේ විදුලි සංඥාව පීසෝ කැබැල්ලට ලබා දුන් විට ඊට අනුරූපව එය කම්පනය වී ශබ්දය පුනර්ජනනය වේ). ඒ විතරක් නොවේ, මෙම සෙරමික් කැබැල්ලට දෙපසින් වයර් කැබැලි දෙකක් සම්බන්ධ කර, එම සෙරමික් පතුර යම් කිසි විදියකින් කම්පනය කළොත් එවිට, එම කම්පනයට අනුරූපව කුඩා විදුලි සංඥාවක් අර වයර් කැබැලි දෙකෙන් ලබා ගතද හැකියි. මේ ක්‍රමයට තමයි පීසෝ මයික්‍රොෆෝන් (මයික්) සාදා තිබෙන්නේ (පීසෝ කැල්ල සහිත මයික් එකට ඉදිරියෙන් ශබ්ද තරංගයක් එන විට, එම ශබ්ද තරංගයේ කම්පනයෙන් පීසේ කැබැල්ල කම්පනය වී, අර කියූ විදියට ඊට අනුරූප විදුලි තරංගයක් හටගනී). ඉතිං සෙරමික් යනු පීසෝ කැබැල්ලක් නිසා එය හරහා විචලනය වන විදුලියක් යන විට, එය පෙර විස්තර කළ පරිදි කම්පනය වේ. කම්පනයේදී ධාරිත්‍රකයේ හැඩය වෙනස් වේ; ඒ කියන්නේ ධාරිතාව වෙනස්වීමයි. එවිට, ගමන් කරන

සංඥාවේ හැටියට නිරන්තරයෙන්ම ධාරිත්‍රකයේ ධාරිතාව වෙනස් වෙමින් පවතී. එහි විලෝමයත් සිදු වේ; එනම්, භාහිර කම්පනයන්/ශබ්ද ධාරිත්‍රකය මතට ලැබීමෙන් අනවශ්‍ය විදුලියක් එහි හටගනී. එවිට පරිපථයට ඝෝෂාවක් එකතු වේ. මෙය තමයි ඉහත මයික්‍රොෆොනි ලෙස හැඳින් වූයේ (එහි සරල සිංහල තේරුම "කැප් එක හරියට මයික් එකක් වගේ වැඩ කරනවා" යන්නයි). ක්ලාස් 1 සෙරමික් ධාරිත්‍රකවල මෙම කරදරය නැත; ක්ලාස් 1 සෙරමික් ධාරිත්‍රකවල ඉහත ප්‍රස්ථාර මගින් පෙන්වා දුන් පරිදි ස්ථායිතාවත් විශිෂ්ඨ අන්දමින් ඇත.

IEC ක්‍රමය යටතේ ක්ලාස් 2 කැප් නම් කරන්නේද අකුරු 3 ක ඇල්ෆනියුමරික් කෝඩ් එකකිනි. එහි පළමු අකුරු දෙකෙන් කියන දේ පහත වගුවෙන් සොයාගත යුතුය. එලෙසම, අවසන් ඉලක්කමින් කියන්නේ උෂ්ණත්ව පරාසයයි.

| සහනතාව | උෂ්ණත්ව පරාසය |
|---|---|
| 2B = +10/−15% | 1 = −55 … +125 °C |
| 2C = +20/−30% | 2 = −55 … +85 °C |
| 2D = +20/−40% | 3 = −40 … +85 °C |
| 2E = +22/−70% | 4 = −25 … +85 °C |
| 2F = +30/−90% | 5= (-10 … +70) °C |
| 2R = +15/-15% | 6 = +10 … +85 °C |
| 2X = +15/−25% | - |

උදාහරණයක් ලෙස 2E6 යන කෝඩ් එකෙන් කියවෙන්නේ, උෂ්ණත්ව පරාසය සෙල්සියස් අංශක +10 සිට +85 දක්වා ඇති, සහනතාව +22/-70% සහිත කැප් එකකි. මෙහි සහනතාව අගයන් දෙකක් සහිතව දකවා තිබෙනවා. ඉන් අදහස් කරන්නේ කැපෑසිටරයේ නාමික/සටහන් කර තිබෙන අගයෙන් ඉහළ පැත්තට (එනම් අගය තව දුරටත් වැඩි වන පැත්තට) 22% ක් දක්වා වැඩි විය හැකි බවත්, නාමික අගයෙන් පහළ පැත්තට 70% ක් දක්වා අඩු විය හැකි බවත්ය. ඒ කියන්නේ නාමික අගය 100 වූවා නම්, එම අගය 30 සිට 122 දක්වා පැවතිය හැකි බවයි. ඇත්තටම නාමකරණයන් දෙකක් පැවතීම කරදරයක්. බොහෝවිට කාලයත් සමග EIA නාමකරණය ඉවත්ව යාවි. EIA නාමකරණය යටතේ Z5U ලෙස දක්වන කැප් එකම ද IEC නාමකරණය යටතේ 2E6 යන්නට දළ වශයෙන් සමාන වේ.

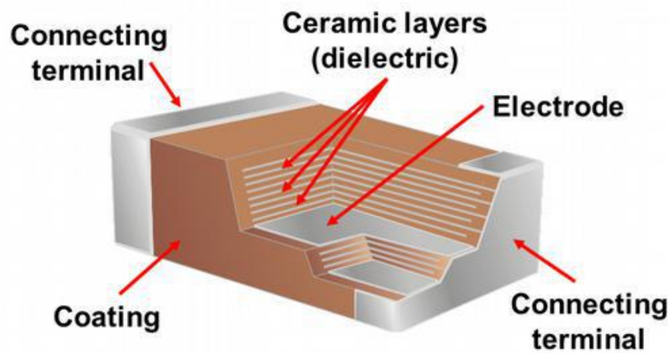
ක්ලාස් 1 කැප් බොහෝම ස්ථායි වේ (එනම්, උෂ්ණත්වය, සංඛ්‍යාතය, වෝල්ටියතාව, කාලය අනුව ඒවායේ අගය එතරම් වෙනස් නොවේ). ඒවායේ ශක්ති හානිය ඉතාම අඩුය; ඒ කියන්නේ කිව් අගය ඉතාම ඉහළය. යොදන සෙරමික් මිශ්‍රණයේ පාරවේද්‍යතාව ක්ලාස් 2 ට වඩා අඩු නිසා, ක්ලාස් 2 ධාරිත්‍රකවලට වඩා ධාරිතාව අඩු හා සයිස් එකෙන් විශාලද වේ. මෙම ක්ලාස් එකේ EIA නාමකරණය පහත වගුව අනුව සිදු කෙරේ. මෙහි පළමු අකුරින් පෙන්වන්නේ තාප සංගුණකය ppm/C වලින්ය. පළමු අකුරින් පෙන්වන සංගුණකය දෙවැනියට ඇති ඉලක්කමට හිමි ගුණාකාරයෙන් ගුණ කරන්න. තෙවැනියට ඇති අකුරින් කියන්නේ සෙල්සියස් 25 හා 85 යන උෂ්ණත්ව පරාසය තුළ එම කැප් එක ඇති විට වෙනස් විය හැකි ටොලරන්ස් අගයයි (එය ප්‍රතිශත ලෙස නොව ඍජුවම අගයක් වශයෙනුයි තිබෙන්නේ).

| තාප සංගුණකය α $10^{-6}$/K | තාප සංගුණකයේ ගුණාකාරය | සෙල්සියස් 25 හා 85 පරාසය තුල සහනතාව |
|---|---|---|
| C = 0.0 | 0 = -1 | G = ±30 |
| B = 0.3 | 1 = -10 | H = ±60 |
| L = 0.8 | 2 = -100 | J = ±120 |
| A = 0.9 | 3 = -1000 | K = ±250 |
| M = 1.0 | 4 = +1 | L = ±500 |
| P = 1.5 | 6 = +10 | M = ±1000 |
| R = 2.2 | 7 = +100 | N = ±2500 |
| S = 3.3 | 8 = +1000 | |
| T = 4.7 | | |
| V = 5.6 | | |
| U = 7.5 | | |

උදාහරණයක් ලෙස, P3K යන කේතය ගමු. මෙහි P තිබෙන නිසා ඊට අයත් තාප සංගුණකය 1.5 වන අතර, එම අගය 3 ට හිමි සංගුණකය වන -1000 න් ගුණ කළ යුතුය. එවිට, අදාල කැප් එකේ සත්‍ය තාප සංගුණකය -1500 වේ (ඍණ යනුවෙන් ඇති නිසා ඉන් කියන්නේ උෂ්ණත්වය වැඩි වන විට, කැපෑසිටන්ස් එක අඩුවන බවයි). K යනු ±250 වේ. එලෙසම C0G යන්න සත්‍ය උෂ්ණත්ව සංගුණකය ශූන්‍ය (එනම්, 0.0 x -1 = 0) වන, සහනතාව ±30 වන ධාරිත්‍රකයකි.

ක්ලාස් 1 සෙරමික් ධාරිත්‍රක IEC නාමකරණයේදී අකුරු දෙකක කේතයක් භාවිතා කෙරේ. මෙම ක්‍රම දෙකට අමතරව තවත් ක්‍රමයක් තිබෙනවා ක්ලාස් 1 සෙරමික් ධාරිත්‍රක සඳහා. එම කෝඩ් එකේ පළමු අකුර N හෝ P වේ. N ඇති විට, ඉන් කියන්නේ ඍණ (negative) තාප සංගුණකයක් මෙහි ඇති බව; එලෙසම P වලින් කියන්නේ ධණ (positive) තාප සංගුණකයක් එහි ඇති බව. එම අකුරට පසුව ඇත්තේ තාප සංගුණක අගයයි. උදාහරණයක් ලෙස, N32 කේතයෙන් කියන්නේ මෙම ධාරිත්‍රකයට -32 ක තාප සංගුණකයක් (-32ppm/K) ඇති බව. විශේෂ අවස්ථාව වන්නේ NP0 යන එකයි. මෙහි තාප සංගුණකය ශූන්‍ය වේ; ඒ කියන්නේ ධණ හෝ ඍණ නොවේ; එනිසා N, P යන අකුරු දෙකම එකට යොදා ඇත.

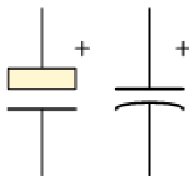
සෙරමික් කැප් බහුලවය සාදන්නේ SMD ස්වරූපයෙන් බව ඔබ දැන් දන්නවා. ඉතා සිහින්ව (කුඩාවට) සැදිය හැකි නිසා, ධාරිතාව වැඩි කිරීමට ස්ථර (layer) කිහිපයකින් යුතුව මේවා සාදනවා. (ධාරිත්‍රක ගැන මුලින්ම ඉගෙන ගන්නා විට, එහි ධාරිතාව වැඩි කිරීමට “ධාරිත්‍රක සැන්විච්” කිහිපයක් එකට රෝල් කරන බව පැවසුවා මතකද?) මෙහිදී ලේයර් සිය දහස් ගණනක් කුඩා ධාරිත්‍රක පැකේජය තුළ සැකසිය හැකියි. එනිසා කුඩා වුවත්, විශාල ධාරිතා අගයන් සහිතව මේවා නිපදවේ. මෙවැනි ධාරිත්‍රක MLCC (multi-layer ceramic capacitor) යන නමින් හැඳින් වෙනවා. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ මෙවැනි MLCC එකක් ලේයර් වශයෙන් සකස් කර තිබෙන අන්දමයි.




අධිජව අවශ්‍යතා සඳහා සෙරමික් වලින්ද පවර් කැප් නිපදවා ඇත. ක්ලාස් 1 හා ක්ලාස් 2 යන දෙයාකාරයෙන්ම මේවා නිපදවනවා. කොලිටිය ඉතාම ඉහලින් අවශ්‍ය තැන්වලටයි ක්ලාස් 1 පවර් කැප් නිපදවන්නේ.

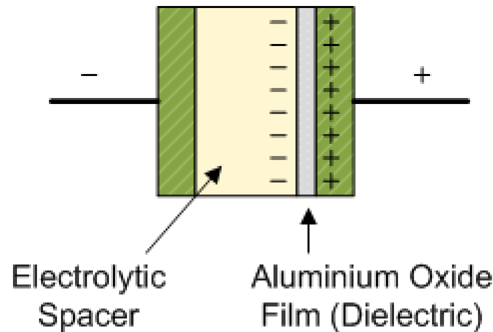
ලොව බහුලවම භාවිතා වෙන තවත් කැපෑසිටර් කාණ්ඩයක් තමයි electrolytic capacitor (විද්‍යුත් විච්ඡේද්‍ය ධාරිත්‍රක) කියන්නේ. මෙම කැපෑසිටර්වල විශේෂත්වය වන්නේ අනෙක් ධාරිත්‍රක කාණ්ඩයන්ට වඩා විශාල කැපෑසිටන්ස් එකක් පැවතීම. විශේෂයෙන්ම අතීතයේ සෙරමික් හා පොලිමර් කැප් ඇතුලුව සියලුම කැපෑසිටර්වල ධාරිතා අගයන් පැවතියේ කුඩා අගයන්ගෙනි. ඒ කාලයේත් මෙම ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් කැප්වල ඉතා ඉහල අගයන් පැවතුණි. වර්ථමානයේ සෙරමික් හා පොලිමර් කැප් ඉතා දියුණු මට්ටමක තිබෙන අතර, විශාල කැපෑසිටන්ස් සහිත ධාරිත්‍රක පවා නිපදවනවා. එනිසා එකල ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් යොදාගත් බොහෝ තැන්වලට සෙරමික්/පොලිමර් කැප් ආදේශ කළ හැකියි. ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් කැප්වල කැපෑසිටන්ස් එක වැඩියෙන් තිබුණත් අනෙක් හැම අතින්ම ඒවා තත්වයෙන් බාලය. නම දිග වැඩි නිසා කෙටියෙන් e-cap (ඊකැප්) ලෙසද මේවා හඳුන්වනවා.

මෙම ඊකැප්වල තවත් විශේෂත්වයක් ඇත. එනම්, මෙම කැප්වල අග්‍ර දෙක ධණ හා සෘණ ලෙස වෙන් වෙන්ව සලකනවා. ඒ කියන්නේ ඊකැප් එකක ධණ පින් එකට ධන විභවයත්, සෘණ අග්‍රයට සෘණ විභවයත් සම්බන්ධ කළ යුතු වෙනවා. එසේ නොකළොත් ධාරිත්‍රකය පිලිස්සී යනවා. මෙවැනි ධණ සෘණ භේදය සහිත ධාරිත්‍රක polarized capacitor ලෙස හැඳින් වෙනවා. ඒ අනුව මෙතෙක් කතා කළ සෙරමික් හා පොලිමර් කැප් ඉබේම non-polarized capacitor යන නමින් හැඳින්වෙනවා (ඒ කියන්නේ මේවාට ධණ සෘණ භේදයක් නැහැ). පොලරයිස්ඩ් කැප් සඳහා වෙනමම සංකේත පවා තිබෙනවා.




ඊකැප් වලට ධණ සෘණ භේදයක් පවතින්නට හේතුව ඒවා නිපදවන ක්‍රමවේදයයි. ඇලුමිනියම් හෝ ටැන්ටලම් හෝ නයෝබියම් යන ලෝහ වර්ග තුනෙන් එකක් මේවා සෑදීමට යොදා ගන්නවා. ඒ කියන්නේ ප්‍රධාන වශයෙන් ඇලුමිනියම් ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික්, ටැන්ටලම් ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික්, හා නයෝබියම් ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් ලෙස ඊකැප් ජාති තුනක් තිබෙනවා. මේ තුනෙන් බහුලවම

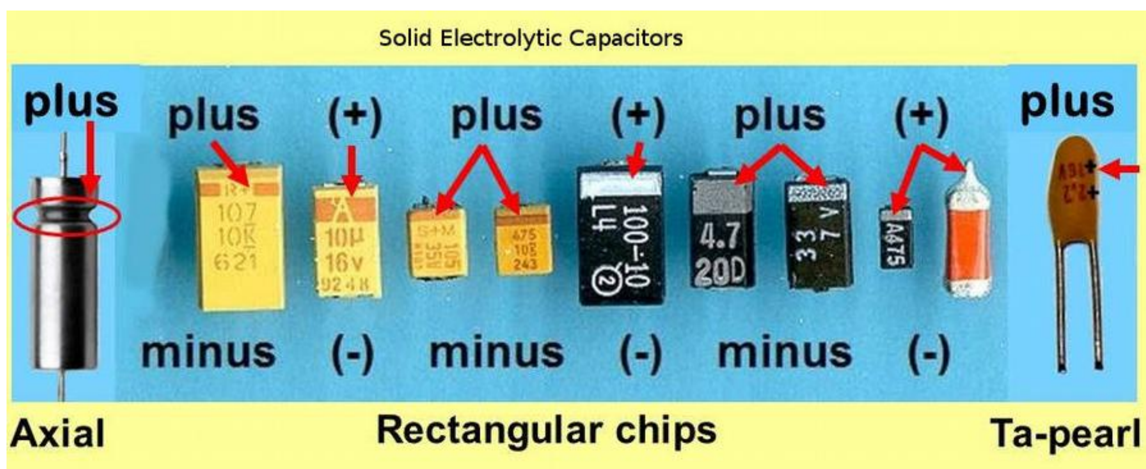
යොදාගන්නේ ඇලුමිනියම් වන අතර, මෙම තුනෙන් කොලිටිය අඩුම මෙන්ම ලාභම එකත් ඇලුමිනියම් ඊකැප් වේ. ඉතිං, මේ ලෝහයකින් ඉතා තුනී තැටියක්/පතුරක් ගෙන එය විද්‍යුත්විච්ඡේද්‍ය (electrolysis) නම් ඉතා සරල රසායනික ක්‍රියාවලිය මඟින් එම තැටියේ එක් පසක ඉතාම තුනී ඔක්සයිඩ් පටලයක් (oxide film) ඇති කරනවා. ඉහත ලෝහ වර්ග ස්වභාවයෙන්ම හොඳ සන්නායක වුවත්, ඒ තුනේම ඔක්සයිඩ පරිවාරක වේ. මෙම ක්‍රමයෙන් සෑදෙන ඔක්සයිඩ නැනෝමීටරයක් තරම් තුනියට සෑදිය හැකියි. ඉන්පසු මෙම ඔක්සයිඩ් පටලය මැදිවන ලෙස තවත් යම් සන්නායක ද්‍රව්‍යයක් ලෝහ පතුරට සෙට් කරනවා. මෙලෙස සෑදෙන්නේ ධාරිත්‍රකයකි.




මෙම ධාරිත්‍රකවලට ඉහල කැපෑසිටන්ස් එකක් ලැබෙන්නේ මෙම ඔක්සයිඩ් පටලයේ තුනීකම නිසාය (ඔබ දන්නවා ධාරිත්‍රක තැටි දෙක අතර පරතරය අඩුවන විට ධාරිතාව ඉහල යන බව). මෙම ධාරිත්‍රකයේ එක් සන්නායක තැටියක් වන්නේ ලෝහයේ ඔක්සයිඩ් නොබැඳුණු පැත්තයි. අනෙක් සන්නායකය දෙයාකාරයකින් තැබිය හැකියි. මුල්ම කාලයේ ඒ සඳහා යොදාගත්තේ දියර/ජෙල් ස්වරූපයෙන් තිබෙන විදුලිය සන්නයනය කරන යම් රසායනික ද්‍රව්‍යයකි. මෙම රසායනිකය electrolyte යන පොදු නමින් හඳුන්වනවා. ඉලෙක්ට්‍රොලයිට් එකේ දියර ස්වභාවය නිසා, මෙවැනි ඊකැප් wet electrolytic cap ලෙස හැඳින්වෙනවා. අදටත් වෙට් කැප් නිපදවනවා බහුල වශයෙන්. එහෙත් පසුකාලීනව ඝන ස්වභාවයෙන් තිබෙන ඉලෙක්ට්‍රොලයිට් නිපදවා තිබෙනවා (මේවාද සන්නායක විය යුතුමයි මොකද ඉලෙක්ට්‍රොලයිට් එකක වැදගත්ම ලක්ෂණය තමයි සන්නායක ගුණය තිබීම). මෙවැනි ඝණ ඉලෙක්ට්‍රොලයිට් යොදාගන්නා කැප් solid electrolytic cap ලෙස හැඳින් වෙනවා.

ඉහත ආකාරයට සාදා ඇති කැප්වල ලෝහ තැටිය ඇනෝඩය (anode) ලෙසද, ඉලෙක්ට්‍රොලයිට් එක කැතෝඩය (cathode) ලෙසද හඳුන්වනවා. ඇනෝඩ් පින් එකට අනිවාර්යෙන්ම ධණ වෝල්ටියතාවද කැතෝඩයට ඍණ වෝල්ටියතාවද සැපයිය යුතුයි. මේ නිසා, මෙවැනි ඊකැප්වල කැතෝඩය ඇනෝඩය වෙන් කර පෙන්විය යුතුයි. වෙට් කැප්වල කැතෝඩය - ලකුණින් හෝ වර්ණ තීරුවකින් දක්වනවා. එසේම, කුරු/පින් නැති සොලිඩ් කැප්වල (smd) ඇනෝඩය වර්ණ තීරුවකින් හෝ කුමක් හෝ සංකේතයකින් පැහැදිලිවම දක්වනවා (මතක තබා ගන්න වෙට් කැප්වල කැතෝඩය සලකුණු කරන අතර, සොලිඩ් කැප්වල සලකුණු කරන්නේ ඇනෝඩයයි). කුරු/පිං සහිත සොලිඩ් කැප්වලත් ඇනෝඩය වෙනුවට කැතෝඩයයි දක්වන්නේ. මීටත් අමතරව කුරු සහිත ඊකැප්වල කැතෝඩ පින් එක කොටට තබනවා ඇනෝඩයට වඩා.



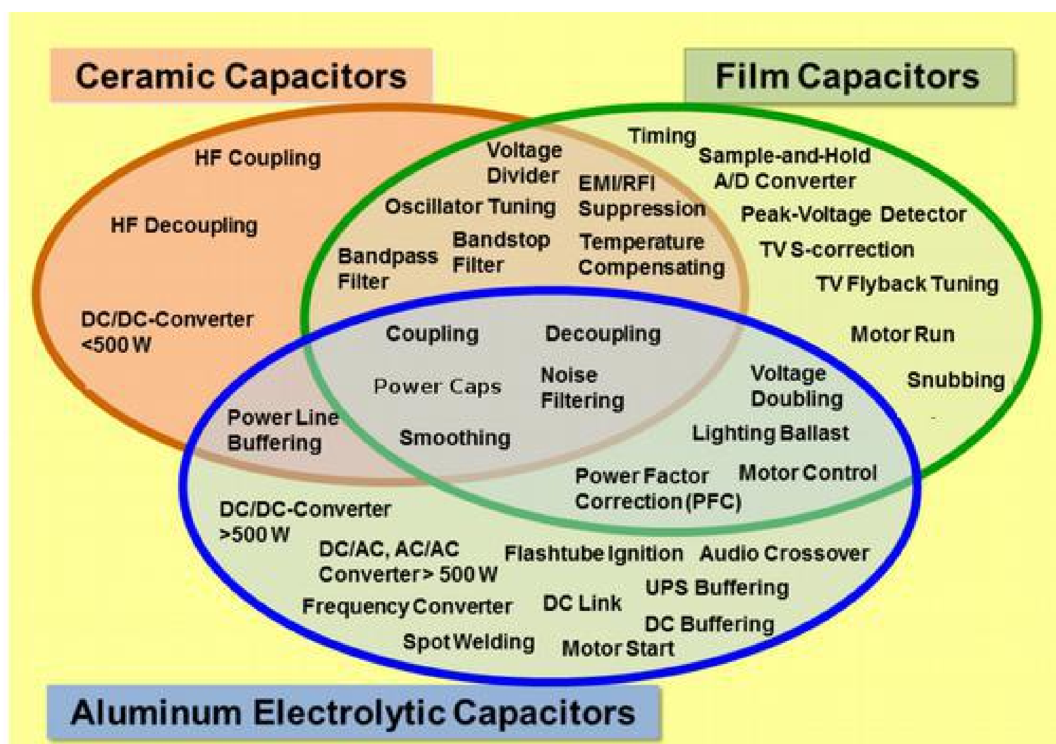

ඒසී සංඥා යන මාර්ගයක මෙවැනි ඊකැප් යෙදිය නොහැකියි මොකද ඒසී සංඥාවක් යනු විදුලිය දෙපසටම ගමන් කරන අවස්ථාවක් (ඒ කියන්නේ ධණ ඍණ නිරන්තරයෙන් මාරු වෙනවා). ධණ ඍණ මාරු කර වෝල්ට් 1 ක් වැනි කුඩා විදුලි විභවයක් ලබා දුන් විටත් මෙවැනි කැප් පිලිස්සී යනවා. ඒ කියන්නේ ඊකැප් එකේ ධණ අග්‍රයට ඍණද, ඍණ අග්‍රයට ධණද ලෙස මාරු කර වෝල්ට් 1 කට වඩා වැඩි වෝල්ටියතාවක් ලබා දුන් විට, ඊකැප් එක පිලිස්සී යනවා.

එහෙත් ඔබ පරිපථ සටහන්වල දැක ඇති සමහර විදුලි සංඥා ගමන් කරන මාර්ගවල මෙවැනි ඊකැප් යොදා තිබෙනවා. ඊට හේතුව මෙයයි. එතැනට අවශ්‍ය කරන්නේ ඉහල ධාරිතාවක් සහිත කැප් එකකි. තවද, එම මාර්ගය දිගේ ගමන් කරන්නේ මිලිවෝල්ට්වලින් මැනිය හැකි තරමේ වෝල්ටියතාවක් හෝ සමහරවිට ඊටත් වඩා අඩු වෝල්ටියතාවක් සහිත විදුලි සංඥාවකි. ඉතිං ඊකැප් එකක් වෝල්ට් 1 ක් දක්වා පිලිස්සෙන්නේ නැතිව සපෝට් කරන නිසා ඊකැප් එක පිලිස්සී යෑමෙන් වැලකේ. එහෙත් මෙවැනි සිග්නල් ගමන් කරන බොහෝ තැන්වලට යෙදිය හැකි තරමේ ඉහල අගයන් සහිත පොලිමර්/සෙරමික් කැප් දැන් නිපදවා තිබෙනවා. ඒකයි පෙරත් මා සඳහන් කළේ ඉස්සර සම්පූර්ණයෙන්ම ඊකැප්ම යෙදීමට සිදු වුවත්, තාක්ෂණයේ දියුණුවත් සමග වෙනත් ඉස්තරම් වර්ගයේ කැප් දැන් නිපදවා තිබෙනවා. තවද, ඊකැප් හැකි තරම් පරිපථවලින් ඉවත් කිරීම සුදුසු යැයි මා යෝජනා කරනවා. බල සැපයුම් පරිපථ වැනි ස්ථානවලට පමණක් ඊකැප් යෙදීම සුදුසුය. සංවේදී ඉහළ ක්‍රියාකාරිත්වයක් තිබිය යුතු පරිපථ සඳහා ඒවා හැකි තරම් නොයොදා ඉන්න.

ඊකැප්වල විශාල ලීක් එකක් තිබෙනවා. ඒ කියන්නේ සාමාන්‍යයෙන් ධාරිත්‍රකයක පරිවාරයකය හරහා විදුලි ධාරාවක් ගමන් කරන්නෙ නැහැනෙ. ඒ කියන්නේ අනන්ත ප්‍රතිරෝධයක් එම පරිවාරකයේ තිබෙනවා. එහෙත් ඊකැප් එසේ නොවේ. එහි පරිවාරකය හරහා ඉතා කුඩාවට ධාරාව ගමන් කරනවා (ලීක් එකක් ලෙස පැවසුවේ එයයි). මෙම ලීක්වන ධාරාව DC leak current ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඉන් අදහස් කරන්නේ ඔක්සයිඩ් පරිවාරකයේ ප්‍රතිරෝධය ඉතා ඉහල වුවත් අනෙක් කැප් කාණ්ඩවල මෙන් අති විශාල අගයක් නොවේ. මෙය විශාල දෝෂයකි. බැටරියකට බල්බයක් සම්බන්ධ කළ විට එය දැල්වෙනවානෙ. එහෙත් ඊට සාමාන්‍ය කැප් එකක් සම්බන්ධ කළ විට දැන් බල්බය දැල්වෙන්නේ නැති වෙනවා මොකද කැප් එකක් ඒකාකාර/ස්ථාවර විදුලිය බ්ලොක් කරන නිසා. එහෙත් සාමාන්‍ය කැප් එකක් වෙනුවට ඇලුමිනියම් ඊකැප් එකක් එතැනට යෙදුවොත් බොහෝවිට එම බල්බය දැල් වේවි. ඊට හේතුව දැන් ඔබ දන්නවා (ලීක් කරන්ට් එකක් ගමන් කිරීම).

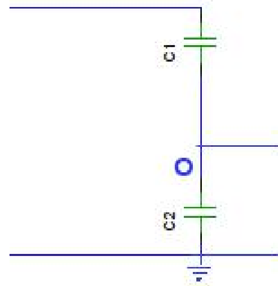
ඊකැප් එකක් හරහා යන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වනවිට ධාරිතාව අඩු වෙනවා. එසේමයි උෂ්ණත්වය වෙනස් වන විටත් ධාරිතාව වෙනස් වෙනවා. මීටත් අමතරව මයිකා කැපැසිටර්, පේපර් කැපැසිටර් ආදී ලෙස තවත් කැපැසිටර් වර්ග තිබෙනවා (බොහෝ ඒවා දැන් නිෂ්පාදනය වෙන්නේ නැහැ).

ප්‍රතිරෝධක මෙන් නොව, කැපැසිටර් මාදිලි විශාල ගණනක් තිබේ. පරිපථ නිර්මාණයේදී යෙදිය යුත්තේ කුමන ධාරිත්‍රක මාදිලියක්ද යන්න ඔබට අවශ්‍ය ගතිගුණ අනුව දැන් තීරණය කළ හැකියි. ධාරිත්‍රක විවිධ කාර්යන් සඳහා උපයෝගී කර ගනී. ඒ එක් එක් කාර්ය සඳහා එක් ධාරිත්‍රක වර්ගයක්/මාදිලියක් පමණක් නොව, මාදිලි කිහිපයක් වුවද සුදුසු විය හැකියි. පහත රූපයේ මේ ගැන සාරාංශයක් දැක්වේ. සෙරමික්, පිල්ම්, හා ඉලෙක්ට්‍රොලයිටික් යන ප්‍රධාන කැප් වර්ග තුන යොදාගත හැකි අවස්ථා මෙහි දැක්වේ.



## කැපැසිටර් විභව බෙදුම් පරිපථ

මේ වන විට ප්‍රතිරෝධක හා ධාරිත්‍රක යන ප්‍රධානතම ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග දෙක ගැන වෙන වෙනම දැනුමක් ඔබ සතුව ඇත. මෙම උපාංග වර්ග දෙක පමණක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කිරීමෙන් අපට වැදගත් පරිපථ කොටස් ගණනාවක්ම දැන් නිර්මාණය කරගත හැකියි. Resistor හා Capacitor එකිනෙකට සම්බන්ධ කරමින් සාදන සරල පරිපථ RC circuit හෝ CR circuit ලෙසද හැඳින්වේ. මුලින්ම බලන්න පහත පරිපථය දෙස.

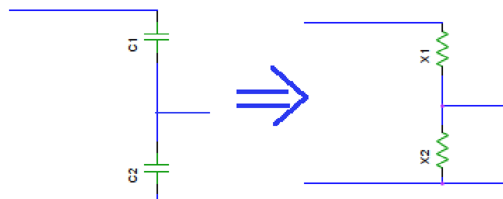



එය බැලූබැල්මට විභව බෙදුම් පරිපථය සිහි කරවයි. ඇත්තටම මෙයත් එක්තරා විදියක විභව බෙදුම් පරිපථයක්. සාමාන්‍ය විභව බෙදුමේ තිබෙන ප්‍රතිරෝධක දෙක (හෝ කිහිපය) වෙනුවට ධාරිත්‍රක දෙකක් යොදා ගෙන ඇත. ඔබ මෙතෙක් උගත් සිද්ධාන්ත ඔස්සේ මෙම පරිපථය විග්‍රහ කරන්න.

එකවරම ඔබට කිව හැකියි මෙම විභව බෙදුම සම්බන්ධ කර තිබෙන්නේ ස්ථාවර ඩීසී විදුලියකට නම්, ධාරිත්‍රක හරහා කිසිදු විදුලියක් ගමන් නොකර එම ඉන්පුට් විභවයෙන් කිසිදු අවුට්පුට් විදුලියක් O ස්ථායෙන් පිට නොකරන බව. ඒ කියන්නේ මෙම විභව බෙදුම ක්‍රියාත්මක වන්නේ විචලනය වන විදුලි සැපයුමකට පමණි.

අපි දැන් සිතමු සැපයුම් විදුලිය පරිපූර්ණ සයිනාකාර තරංග හැඩයක් සහිතයි කියා. එවිට ඔබට පුලුවන් මේ එක් එක් ධාරිත්‍රකය විසින් එම විදුලියට දක්වන ප්‍රතිභාදක අගයන් ගණනය කරන්නට. ඉහත රූපයේ කැප් දෙකෙහි අගයන් C1= 1u හා C2=1u ලෙස යොදා ගනිමින්, විදුලියේ සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 1000 නම්, සම්භාදක අගයන් ගණනය කරමු. එවිට C1 ධාරිත්‍රකය සඳහා, X = 1/( 2πfC) අනුව, ප්‍රතිභාදකය = 1/(2 x 3.1416 x 0.000001 x 1000) = 160 ohm වේ. එලෙසම C2 ධාරිත්‍රකයේ අගයත් එයම නිසා එහිත් X = 160 ohm වේ.

දැන් ඔබට මෙම පරිපථයේ ධාරිත්‍රක වෙනුවට ඉහත ලබා ගත් ප්‍රතිභාදක අගයන්ගෙන් යුතු ප්‍රතිරෝධ සිතින් ආදේශ කරගත හැකියි. පහත ආකාරයටද ඔබට සිතින් එම පරිපථය මවා ගත හැකි වූයේ?




එවිට ලැබෙන්නේ සුපුරුදු විභව බෙදුම් පරිපථයම නේද? දැන් ඔබ දන්නවා එම ප්‍රතිරෝධක/සම්බාධක දෙකෙහි අනුපාතය අනුව O ස්ථානයෙන් පිටතට ලබා දෙන වෝල්ටියතාව ගණනය කරන්නට. ඉහත

උදාහරණයේ ගණනය කිරීම් අනුව ප්‍රතිහාදක අගයන් සමානය; ඒ කියන්නේ 160:160 හෙවත් 1:1 අනුපාතයට වෝල්ටියතාව බෙදේ. ඉන්පුට් කරන වෝල්ටියතාවෙන් හරි අඩක් අවුට්පුට් කෙරේ.

විදුලි සංඛ්‍යාතය වැඩි වුවොත් විභවය බෙදෙන ඉහත අනුපාතය වෙනස් වේවිද? නැත. සංඛ්‍යාතය කුමක් වුවත් එම අනුපාතය වෙනස් නොවේ. උදාහරණයක් මඟින්ම එය බලමු. ඉහත උදාහරණයේම හර්ට්ස් 1000 වෙනුවට 10000 වූවා යැයි සිතා ඉහත ගණනය කිරීම් නැවත කර බලන්න. එවිටද X1 = X2 = 16 ohm වේ. අනුපාතය 16:16 හෙවත් 1:1 වේ.

අනුපාතය එකමයි නේද? එහෙත් සංඛ්‍යාතය වෙනස් වන විට, ප්‍රතිබාධක අගයන් වෙනස් වේ (අනුපාතය වෙනස් නොවී). ප්‍රතිබාධකය වෙනස් වීම එම විභව බෙදුම හරහා යන ධාරාව අඩු/වැඩි කිරීමට බලපායි. සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට ප්‍රතිබාධකය අඩු වන නිසා, ඒ කියන්නේ සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට, විභව බෙදුමේ ගලා යන ධාරාව වැඩි විය යුතුයි. තවද, ඔබ පෙර උගත් පරිදිම මෙම ධාරාව වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 කින් ඉදිරියෙන් ගමන් කරනවා.

තවද, ධාරිත්‍රක දෙකක් යොදා ඇති එම පරිපථයේ ගලා යන ධාරාව ගණනය කරන්නේ කෙසේද? එය සිදු කරන්නේ ප්‍රතිරෝධක දෙකක් යොදා ඇති විභව පරිපථයක ධාරාව ගණනය කරන විදියටමයි. මෙහිදී ඉහත ආකාරයට ධාරිත්‍රකවල ප්‍රතිබාධක ගණනය කර, ප්‍රතිබාධක (ප්‍රතිරෝධක) දෙක ශ්‍රේණිගතව තිබෙන බැවින් නිකංම එම අගයන් දෙක එකතු කර, වෝල්ටියතාව ඉන් බෙදීමයි කළ යුත්තේ.

ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රක දෙකක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ විට, ධාරිතාව $1/C_1 + 1/C_2$ යන සූත්‍රය අනුව එකතු වුවත්; එම ධාරිත්‍රක දෙකෙන් ඇතිවන ප්‍රතිබාධක දෙකද පවතින්නේ ශ්‍රේණිගතව නිසා, ප්‍රතිබාධක යනුද ප්‍රතිරෝධ ලෙස සැලකෙන බැවින්, එම ප්‍රතිබාධක දෙක එකතු වන්නේ $X_1 + X_2$ යන සූත්‍රයට අනුවයි. (මෙලෙසම සමාන්තරගත ධාරිත්‍රක දෙකක ප්‍රතිබාධක ගණනය කිරීම සිදු කරන්නේ සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කර තිබෙන සාමාන්‍ය ප්‍රතිරෝධක දෙකක සමක අගය සොයන ආකාරයටමයි.) ඒ කියන්නේ, ශ්‍රේණිගතව ඇති ප්‍රතිහාදක දෙකක සමක අගය

$X = X_1 + X_2$

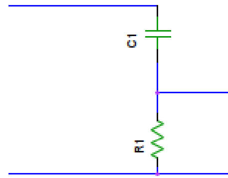
සූත්‍රය අනුවද, සමාන්තරගතව ඇති ප්‍රතිහාදක දෙකක සමක අගය

$1/X = 1/X_1 + 1/X_2$

යන සූත්‍රයෙන්ද ගණනය කළ හැකියි. (ප්‍රතිහාදකය යනුද ප්‍රතිරෝධ වැනි නිසා, ප්‍රතිරෝධක සඳහා සමක අගයන් සොයන සූත්‍රම මේ සඳහාත් යොදා ගැනීම පුදුම විය යුතු දෙයක් නොවේ.)

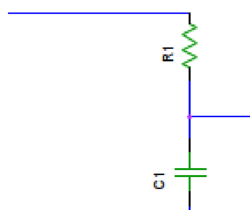
දැන් පරිපූර්ණ සයිනාකාර විදුලියක් වෙනුවට වෙනත් ඕනෑම හැඩයකින් යුතු විදුලියක් ගමන් කළ විට සිදුවන දේත් ඔබට විග්‍රහ කරගැනීමට හැකියාවක් තිබිය යුතුයි. එහිදීත් විභවය බෙදෙන අනුපාතය වෙනස් නොවේ. එහෙත් ධාරාවේ ප්‍රමාණය වෙනස් විය හැකි සේම ධාරාවේ හැඩය විකෘති වන බවත් දැන් ඔබ දන්නවා.

ඉහත විභව බෙදුමට යම් යම් වෙනස්කම් සිදු කළ හැකියි. එහි ධාරිත්‍රකම දෙකක් යොදනවා වෙනුවට ධාරිත්‍රකයක් හා ප්‍රතිරෝධකයක් යෙදිය හැකියි (RC circuit එකක්). මෙහි සැපයුම් විදුලියට මෙම උපාංග දෙක සම්බන්ධ කර තිබෙන්නේ ශ්‍රේණිගතවයි. ඒ කියන්නේ දෙකම හරහා යා යුත්තේ එකම ධාරාවයි. ඉතිං නැවතත් ඉහත ආකාරයට මෙය දැන් විග්‍රහ කළ හැකියි. ස්ථාවර විදුලියක් ධාරිත්‍රකයක් හරහා නොයන බැවින් මෙම පරිපථයද ක්‍රියාත්මක වන්නේ විචලනය වන විදුලි සැපයුමකටයි.




විචලනය වන විදුලියක් ගමන් කරන විට, එම විදුලියේ සංඛ්‍යාතය අනුව ධාරිත්‍රකය යම් ප්‍රතිභාධක අගයක් හිමි කර ගන්නවා. එහෙත් ප්‍රතිරෝධකය එසේ නොවේ; එය සංඛ්‍යාතය කුමක් වුවත් එකම ප්‍රතිරෝධී අගයක් පමණක් දිගටම පෙන්වනවා. පෙර සේම සිතමු C1=1u, R1=1.6k හා විදුලි සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 1000 කියා. එවිට, ප්‍රතිබාධක අගය ඕම් 160 වන අතර ප්‍රතිරෝධි අගය එලෙසම කිලෝඕම් 1.6 අගයේ පවතී. එවිට, මෙහි විභවය බෙදෙන අනුපාතය 160:1600 හෙවත් 1:10 වේ. දැන් විදුලි සංඛ්‍යාතය 10000 කළේ නම්, එවිට ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිබාධක අගය ඕම් 16 වන අතර, ප්‍රතිරෝධකයේ අගය නොවෙනස්ව පවතී. මේ අනුව දැන් විභවය බෙදෙන්නේ 16:1600 හෙවත් 1:100 අනුපාතයටයි. ඒ කියන්නේ විදුලි සංඛ්‍යාතය වෙනස් වන විට, විභවය බෙදෙන අනුපාතයත් වෙනස් වේ. දෙකම ධාරිත්‍රක වන ඉහත අවස්ථාවට වඩා මෙය වෙනස් නේද? පෙර අවස්ථාවේදී අනුපාතය වෙනස් නොවූයේ සංඛ්‍යාතය වෙනස් වන විට, ධාරිත්‍රක දෙකහිම ප්‍රතිබාධක අගයන් අනුරූපව වෙනස් වන නිසාය. පෙර ඔබ ඉගෙන ගත්තා ධාරිත්‍රකයක එක් රාජකාරියක් තමයි සංඛ්‍යාතය මත යැපෙන විචල්‍ය ප්‍රතිරෝධකයක් ලෙස ක්‍රියා කිරීම බව. පේනවා නේද මෙම රාජකාරිය තමයි මේ පරිපථයෙන් ඉස්මතු වූයේ.

ඉහත පරිපථයේ ධාරිත්‍රකය යොදා තිබෙන්නේ ප්‍රතිරෝධයට උඩින්ය. එවිට සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට, ප්‍රතිබාධකය අඩුවන බැවින් යට ප්‍රතිරෝධකය දෙපස ඩ්‍රොප්වන වෝල්ටියතාව ඉහල යයි. ඒ කියන්නේ විභව බෙදුමෙන් පිටතට ලබා දෙන වෝල්ටියතාව වැඩි වේ. දැන් ඔබ පහත රූපයේ ආකාරයට ප්‍රතිරෝධකය හා ධාරිත්‍රකය උඩ යට මාරු කළ විට සිදුවන්නේ අනෙක් පැත්තයි. එනම්, විදුලියේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, ධාරිත්‍රකයේ දෙපස ඩ්‍රොප්වන විභවය අඩු වීමයි. ඒ කියන්නේ පිටතට ලබා දෙන වෝල්ටියතාව අඩුවේ.



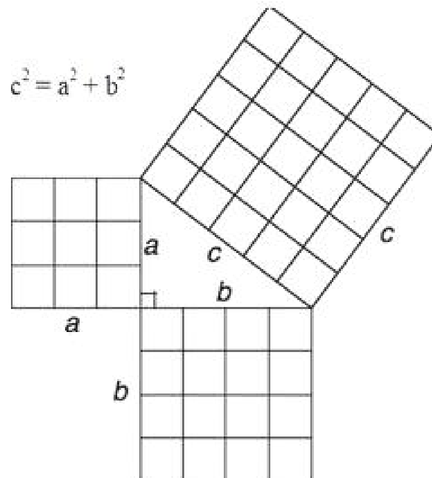

## සම්භාදකය (Impedance)

ඔබ මෙතෙක් ඉගෙන ගත්තා ඕම්වලින් මනින ප්‍රතිරෝධයත්, ඕම්වලින්ම මනින ප්‍රතිබාධකයත් ගැන. මෙවැනිම ඕම්වලින් මනින තවත් රාශියක් තමයි සම්භාදකය කියන්නේ. එය Z අකුරින් සංකේතවත් කෙරෙනවා. ඉතිං කුමක්ද මේ සම්භාදකය? සම්භාදකය සෑදෙන්නේ ප්‍රතිරෝධය හා ප්‍රතිබාධකය යන දෙකෙහි සංකලනයෙනි. මෙම ඉම්පීඩන්ස් යන වචනය/සංකල්පය ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල නිතරම

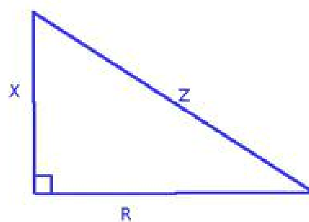
භාවිතා කෙරෙන්නක් නිසා, මේ ගැන ඉතා හොඳ අවබෝධයක් ලබා ගත යුතුය. එය සූත්‍රයක් ලෙස පහත ආකාරයට පහසුවෙන්ම දැක්විය හැකියි.

$Z^2 = R^2 + X^2$

ගණිතය පිළිබඳ දැනුමක් ඇති අයට ඉහත සූත්‍රය දුටු විට, පයිතගරස් ප්‍රමේයය මතක් වෙනවා නේද? පහත දැක්වෙන්නේ එම පයිතගරස් ප්‍රමේයයි.




ඇත්තටම ඉහත සම්භාදකය ගණනය කරන සූත්‍රය පයිතගරස් (සෘජුකෝණී) ත්‍රිකෝණයකට ආදේශ කළ හැකියි. පාද තුනෙන් එම රාශි තුන නිරූපණය කෙරේ. එහිදී කර්ණයේ දිගින් Z (impedance) ලැබේ. රාශි තුනේ විශාලත්වයට අනුරූපව පාද තුනේ දිග තබන්න.

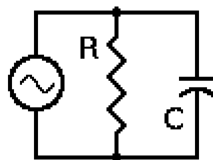



සම්භාදකය ගණනය කිරීමේ ඉහත සූත්‍රය ලැබීමට හේතුව ඔබට පහත විස්තරය කියවාගෙන යන විට වැටහේවි. තවද, ඉහත සූත්‍රය ගැන තරමක් ගැඹුරින් සිතුවොත් සම්භාදකය කියන වචනය පුලුල් තේරුමින් යෙදිය හැකි දෙයක් බව පෙනේ. ඒ කෙසේද? ප්‍රතිරෝධකතාව ශූන්‍ය වන විට, සම්භාදකය ප්‍රතිබාධකයට සමාන වේ. එනම්, $Z^2 = R^2 + X^2 \rightarrow Z^2 = 0 + X^2 \rightarrow Z = X$ වේ. එලෙසම ප්‍රතිබාධකය ශූන්‍යයි නම්, සම්භාදකය ප්‍රතිරෝධයට සමාන වේ ($Z = R$). මෙයින් පැහැදිලි වෙනවා සම්භාදකය කියන වචනය මඟින් අවශ්‍ය නම් ප්‍රතිරෝධය හෝ ප්‍රතිභාධකය වුවත් හැඳින්විය හැකි බව. සමහර අය හා සමහර පොත්වල විවිධ තැන්වලට ප්‍රතිරෝධය, ප්‍රතිභාධකය, සම්භාදකය ලෙස විවිධ වචන භාවිතා නොකර පහසුවට ඒ සියල්ලම සම්භාදකය යන තනි වචනයෙන් හඳුන්වන්නේ මේ නිසාය.

කෙසේ වෙතත්, සත්‍යම අර්ථයෙන් සම්භාදකය යන්න ප්‍රතිරෝධය හා ප්‍රතිභාධකයට වඩා වෙනස්ය. ඔබ දන්නවා ප්‍රතිරෝධකයක තාප උත්සර්ජනයක් සිදු වුවත්, ප්‍රතිභාධකයක තාප උත්සර්ජනයක් සිදු

නොවන වග. ඒ දෙක වෙන් කොට හඳුනා ගැනීමට ඇති හොඳම ක්‍රමය තාප උත්සර්ජනය සිදුවෙනවාද නැද්ද යන වගයි. තවද ප්‍රතිභාධකයක් පෙන්නුම් කරන අවස්ථාවක වෝල්ටියතාව හා ධාරාව අතර කලා වෙනසක් පවතින බව, හා ප්‍රතිරෝධකයක් පවතින අවස්ථාවක වෝල්ටියතාව හා ධාරාව සමකලාවේ පවතින බව තවත් වෙනස්කමක් මේ දෙක වෙන්කර හඳුනාගත හැකි. එහෙත් සම්භාදකය යනු මේ දෙකෙහිම සංකලනයක් බැවින්, සම්භාදකයකත් යම් තාප උත්සර්ජනයක් සිදු වෙනවා. එලෙසම සම්භාදකයක් පවතින අවස්ථාවකත් වෝල්ටියතාව හා ධාරාව අතර කලා වෙනසකුත් පවතිනවා. මෙම තාප උත්සර්ජනයේ ප්‍රමාණය හා ඇතිවන කලා වෙනසේ ප්‍රමාණය තීරණය වන්නේ සම්භාදකය සෑදීමට හවුල් වන ප්‍රතිරෝධයේ හා ප්‍රතිභාධකයේ අගයන් මතයි. ඉහත සම්භාදක ත්‍රිකෝණය නැවත බලන්න. එහි ප්‍රතිරෝධය හඟවන පාදය විශාල වන විට, සම්භාදකය ප්‍රතිරෝධයේ ගුණයට වඩ වඩා ළං වෙනවා. ඒ කියන්නේ සම්භාදකයේ ප්‍රතිරෝධි ගුණ වැඩි වෙනවා. එවිට, තාප උත්සර්ජනය වැඩි වෙනවා; කලා වෙනස අඩු වෙනවා. එලෙසම, එම ත්‍රිකෝණයේ ප්‍රතිභාධකය හඟවන පාදය විශාල වන විට, සම්භාදකයේ ප්‍රතිභාදක ගුණ වැඩි වෙනවා. එවිට, තාප උත්සර්ජනය ක්‍රමයෙන් අඩු වෙනවා; කලා වෙනස ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙනවා. මේ ලෙස, එක පාදයක් ශූන්‍ය වන විට, ඉතිරි අනෙක් පාදය කර්ණය මතට සමපාත වෙනවා. එය තමයි මුලින් පැවසුවේ සම්භාදකයක් සමහරවිට ප්‍රතිරෝධයක් හෝ ප්‍රතිභාදකයක් බවට වුවත් පත් විය හැකියි කියා. එවිට, සම්භාදකයේ පවතින්නේ එම ප්‍රතිරෝධයේ හෝ ප්‍රතිභාදකයේ ගුණය පමණි.

තවදුරටත් ධාරිත්‍රකයක් හා ප්‍රතිරෝධකයක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කිරීමේදී ඇති වන සම්භාදකය ගැන සොයා බලමු. ඕනෑම උපාංග දෙකක් එකිනෙකට සම්බන්ධ කළ හැකි ආකාර පවතින්නේ දෙකක් පමණක් බව ඔබ දන්නවා. ඒ අනුව කැප් එකක් හා රෙසිස්ටරයක් එකිනෙකට ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කළ හැකියි. පළමුව සමාන්තරගත අවස්ථාව බලමු. මෙය parallel RC circuit නම් වේ.




සාමාන්‍ය විදුලිය සම්බන්ධ රීති අනුව එම උපාංග දෙක දෙපස ඩ්‍රොප්වන්නේ එකම වෝල්ටියතාවකි. එමනිසා වෝල්ටියතාවේ අමුතුවෙන් ගණනය කරන්නට දෙයක් නැත. එහෙත් මෙහි ධාරාව තරමක් සංකීර්ණ ස්වභාවයක් ගන්නවා. ඊට හේතුව ඔබට සිතා ගත හැකි විය යුතුයි. පළමුවෙන්ම කිව යුත්තේ ලබා දෙන්නේ ඒකාකාර ස්ථාවර ඩීසී විදුලියක් නම්, ධාරිත්‍රකය එතැන තිබුණත් නැහැ වගේ. එවිට, ඉතාම සරලව භාහිරව යෙදූ සැපයුම් විභවය ප්‍රතිරෝධකයේ ඕම් අගයෙන් බෙදා ඒ හරහා යන ධාරාව පහසුවෙන්ම ගණනය කළ හැකියි. ධාරිත්‍රකය හරහා කිසිදු ධාරාවක් නොගලයි. තවද, වෝල්ටියතාව හා ධාරාව සමකලාවේ පවතී (ධාරිත්‍රකයේ බලපෑම ශූන්‍ය නිසා).

එහෙත් මෙහි තිබෙන්නේ විචලනය වන විදුලියක් නම් තමයි සංකීර්ණ තත්වය ඇති වන්නේ. එවිට උපාංග දෙක හරහාම ධාරා දෙකක් ගලා යයි. ප්‍රතිරෝධකය හරහා යන ධාරාව වෝල්ටියතාව සමග සමකලාවේ පවතින අතර, ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාව වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් විෂම කලාවෙන් ගමන් කරනවා. ඉතිං ගමන් කරන මුලු ධාරාව කොපමණද? මුලු ධාරාව කෙසේ වෙතත් ප්‍රතිරෝධකය හා ධාරිත්‍රකය හරහා වෙන වෙනම යන ධාරා දෙක පහසුවෙන්ම ගණනය කළ

හැකියි. භාහිර වෝල්ටියතාව ප්‍රතිරෝධකයේ අගයෙන් බෙදීමෙන් ප්‍රතිරෝධකයේ ධාරාවද $\left(I_R=\frac{V}{R}\right)$ , එම වෝල්ටියතාව ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිභාදකයේ අගයෙන් බෙදීමෙන් ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාවද $\left(I_C=j\frac{V}{X}\right)$ ගණනය කළ හැකියි (j අකුර ගැන විස්තර මොහොතකින් දැක්වේ; කෙටියෙන් කියතොත් V/X මඟින් ලැබෙන ධාරාව අංශක 90 ක කලා වෙනසකින් පවතින බව මින් හැඟවේ; j සහිත සංඛ්‍යා ගණිතයේදී "සංකීර්ණ සංඛ්‍යා" නමින් හැඳින්වේ). j අකුර නොමැතිවත් Ic = V/X ලෙස ඉහත සූත්‍රය ලිවිය හැකියි. මෙවිට ධාරාවේ නියම අගය ලැබුණත් එහි කලා වෙනස ගැන කිසිදු අදහසක් ඉන් නොදේ. j අකුර තිබෙන විට, ධාරාවේ අගයත්, අංශක 90 කලාවත් එකවර නිරූපණය කරයි.

**සටහන**

ඉහත පැහැදිලි කළ ලෙස j අකුර ඇතිවත් නැතිවත් මෙම රාශින් දැක්විය හැකිය. එහෙත් ගණිතානුකූලව නම් මෙම නිරූපණ දෙකෙහි විශාල වෙනසක් ඇත. j ඇති විටක, සංකීර්ණ සංඛ්‍යා රීතීන් අනුගමනය කළ යුතුය. j යොදාගන්නා විට, ඉහත parallel RC පරිපථයෙන් ගලා යන මුලු ධාරාව $\frac{V}{R}+j\frac{V}{X}$ ලෙස ලිවිය හැකිය. එවිට මෙම සුලු කිරීම සිදු කරන්නේ සංකීර්ණ සංඛ්‍යා රීතීන් අනුව නිසා,

$\sqrt{\left(\frac{V}{R}\right)^2+\left(\frac{V}{X}\right)^2}$ ලෙස එය සිදු කළ යුතුය.

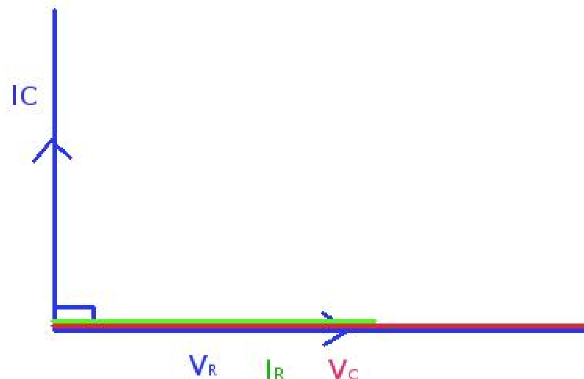
එහෙත්, j අකුර නොයොදන විට, එතැන සංකීර්ණ සංඛ්‍යා රීතීන් වලංගු නොවන බැවින්, මුලු ධාරාව $\frac{V}{R}+\frac{V}{X}$ ලෙස කිසිසේත් ලිවිය නොහැකිය. එවිට, V/R හා V/X යන පද දෙක දෛශික ආකලනය හෙවත් පයිතගරස් ප්‍රමේය යොදා සුලු කළ යුතු බව අමුතුවෙන් කිව යුතු වෙනවා. ඔබට පෙනෙනවා ඇති j අකුර තිබුණත් ප්‍රායෝගිකව එම සුලු කිරීම සිදු කරන්නේ පයිතගරස් ප්‍රමේය අනුවයි. මෙතැන තිබෙන්නේ ගණනය කරන ක්‍රමයේ වෙනසක් නොව; ඉදිරිපත් කරන ක්‍රමයේ වෙනසකි. j දුටු ගමන් සංකීර්ණ සංඛ්‍යා ගැන දන්න අය දන්නවා කුමක් කළ යුතුද කෙසේ සුලු කළ යුතුද වග. එය නැති විටක, මෙසේ සුලු කළ යුතු යැයි අමුතුවෙන් පැවසීමට සිදු වෙනවා.

එවිට ඔබට එකවරම සිතේවී මෙම වෙන වෙනම ගමන් කරන ධාරා දෙකේ එකතුව නේද මුලු ධාරාව විය යුත්තේ කියා. ඉහත සටහන අනුව පිළිතුර ඔව් හෝ නැත යනුවෙන් දිය හැකියි (j තිබීම හෝ නොතිබීම මත). මේ ගැන විමසමු. එය එතරම් සරල නොවන්නේ මෙතැන ප්‍රතිරෝධකය හරහා යන ධාරාව හා ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාව අතර කලා වෙනසක් තිබීමයි.

ප්‍රතිරෝධකය හරහා යන ධාරාව හා ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාව අතර කලා වෙනසක් තිබෙන්නේ ඇයි? එය මෙලෙස තර්ක කර බලන්න. ප්‍රතිරෝධකයේ වෝල්ටියතාව හා ප්‍රතිරෝධකයේ ධාරාව අතර කලා වෙනසක් නැත. එම වෝල්ටියතාවමයි සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කර තිබෙන නිසා ධාරිත්‍රකය දෙපසත් තිබෙන්නේ. ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධක වෝල්ටියතාව හා ධාරිත්‍රක වෝල්ටියතාව අතරත් කලා වෙනසක් සිදු නොවේ. එහෙත් ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් ධාරිත්‍රකයේ ධාරාව ගලා යනවා. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතාව හා ධාරිත්‍රකයේ ධාරාව අතර අංශක 90 ක කලා වෙනසක් පවතිනවා. ඉතිං එම කලා වෙනසම තමයි ධාරිත්‍රක ධාරාව විසින් ප්‍රතිරෝධකයේ ධාරාවට ඇති කරන්නේ. මෙය උපමාවකින් මෙසේ කිව හැකියි. මාගේ මිතුරාගේ සතුරා මාගේ සතුරාද වේ.

## Phasor diagram

ඉහත විස්තරය රූපමය ආකාරයට පහත දැක්වේ. මෙලෙස එකම උපාංගයක හෝ වෙනස් උපාංගවල ධාරා/වෝල්ටියතා අතර කලා වෙනස පෙන්වීමට ගන්නා රූප phasor diagram (කලා සටහන්) ලෙස හැඳින්වෙනවා. මෙහිදී සරල රේඛා ඛණ්ඩ මඟින් තමයි ධාරාවන් හා වෝල්ටියතාවන් දක්වන්නේ. රේඛාවේ දිගින් වෝල්ටියතාවේ හා ධාරාවේ විශාලත්වය පෙන්විය හැකියි. කලා වෙනස එම රේඛා අතර පවතින කෝණය මඟින් හඟවනවා. තිරස් රේඛාව reference line ලෙස සැලකෙනවා. වැඩිපුර රාශින් එකමත සමපාත වන විට ඒවා සියල්ල දක්වන්නේ මෙම රෙෆරන්ස් ලයින් එකේය. ධණ කෝණ රෙෆරන්ස් ලයින් එකේ සිට වාමාවර්ථවයි සටහන් කරන්නේ. විදුලියේ rms අගයන් තමයි භාවිතා වෙන්නේ (ඔබ දන්නවා rms විදුලිය යනු ඒසී විදුලිය එක්තරා ගණිතමය ක්‍රමයකින් ඩීසී විදුලියක් යැයි සැලකිය හැකි මට්ටමට ගෙන ආ විදුලියකි). විශාල තොරතුරු ප්‍රමාණයක් එකවරම සරලව දක්වන නිසා, ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් නැතිවම බැරිය.



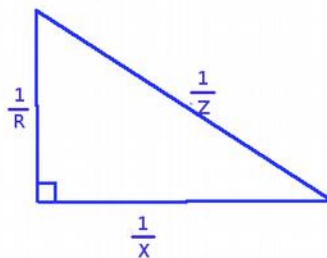

බලන්න ඉහත රූපයේ මා පෙර විස්තර කළ සියල්ල රූපමය වශයෙන් පැහැදිලිව දැක්වෙනවා. කොළපාට තිරස් රේඛාවෙන් දැක්වෙන රෙසිස්ටරයේ ධාරාව ($I_R$) හා නිල්පාට තිරස් රේඛාවෙන් දැක්වෙන රෙසිස්ටරයේ වෝල්ටියතාව ($V_R$) අතර කලා වෙනසක් නැති නිසා එක මත එක එම රේඛා පවතිනවා (සමපාත වෙනවා). රතුපාටින් දැක්වෙන කැප් එකේ වෝල්ටියතාවද ($V_C$) රෙසිස්ටරයේ වෝල්ටියතාවට සමානයිනෙ. එයත් $V_R$, $I_R$ රේඛාව සමග සමපාත වෙනවා. දැන් කැප් එකේ ධාරාව ($I_C$) අංශක 90 කින් ඉදිරියෙන් (ධණ) ගමන් කරනවා; එය ඉහත රේඛාවට අංශක 90 ක් පිහිටන සේ ඇඳිය හැකියි. ධණ කෝණයක් ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකක පෙන්වන්නේ ඉහත ආකාරයටයි. දැන් සියලු විස්තර එකවර ඉහත ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකෙන් පැහැදිලිවම පෙනෙනවා නේද? වඩා පැහැදිලි වීම පිණිස මා එක උඩ එක සමපාත වන රාශි විවිධ වර්ණවලින් දක්වා ඇතත්, ප්‍රායෝගිකව ඒ සියල්ල එකම රේඛාවක සටහන් කරනවා. මෙම රූපයෙන් පැහැදිලිව පෙනෙනවා නේද ප්‍රතිරෝධක ධාරාවට වඩා ධාරිත්‍රක ධාරාව අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් ගමන් කරන බව?

දැන් නැවත අප මුලින් කතා කරමින් සිටි මුලු ධාරාව ගණනය කිරීම සලකා බලමු. මෙම කලා වෙනස නිසා නිකංම ධාරා අගයන් දෙක එකතු කළ නොහැකියි. එම මුලු ධාරාව පහසුවෙන් ගණනය කළ හැකි ක්‍රමය මෙයයි. පළමුව ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාදක අගය හා ප්‍රතිරෝධකයේ ප්‍රතිරෝධක අගය යන දෙකෙහි සමක අගය  සෙවිය යුතුය. (මෙතැන තිබුණේ නිකංම ප්‍රතිරෝධක දෙකක් නම්, මෙය සමාන්තරගත සම්බන්ධයක් නිසා, $1/R = 1/R1 + 1/R2$ යන සූත්‍රයෙන් සමක ප්‍රතිරෝධය සෙවිය හැකිව තිබුණා.

එහෙත් මෙතැන තිබෙන්නේ ප්‍රතිරෝධක දෙකක් නොවේ; ඒ වෙනුවට ප්‍රතිරෝධකයක් හා කැප් එකේ ප්‍රතිභාදකයයි.) ඉහත කියූ කලා වෙනස නිසා, මෙම අවස්ථාවට භාවිතා කෙරෙන සූත්‍රය තරමක් වෙනස්ය. මෙහිදී ගණිතයේ හමුවන "සංකීර්ණ සංඛ්‍යා" (complex number) සංකල්පය භාවිතා කිරීම ඉතාම පහසුයි (සංකීර්ණ යන නම මෙම සංඛ්‍යා සඳහා යොදා ගත්තද ඉන් කිසිදු අමාරු/සංකීර්ණ කමක් හැඟවෙන්නේ නැත; එය හුදු නමක් පමණි; එනිසා නමට බිය නොවන්න; මෙම පාඩම් මාලාවේ ගණිත අතිරේකයක සංකීර්ණ සංඛ්‍යා ගැන සරල පැහැදිලි කිරීමක් සිදු කෙරේ). සංකීර්ණ සංඛ්‍යා නිරූපණය (notation) යොදාගෙන සමාන්තරගතව සම්බන්ධිත ප්‍රතිරෝධකයක හා ධාරිත්‍රකයක සමක ප්‍රතිරෝධය සොයන සූත්‍රය පහත දැක්වේ (j යනු සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවල භාවිතා වෙන සංකේතයකි; ගණිත අතිරේකය බලන්න වැඩි විස්තර සඳහා).

$$\frac{1}{Z}=\frac{1}{R}+j\frac{1}{X}$$

මෙය සාමාන්‍ය සමානතරගත සමක ප්‍රතිරෝධය සොයන සූත්‍රයට බොහෝ සමානයි නේද? එකම වෙනස ප්‍රතිබාධක පදයට ඉදිරියෙන් j තිබීමයි. j අකුරක් සහිත අවස්ථාවක නිකංම සාමාන්‍ය අංක ගණිතයේ හමුවන එකතු කිරීම කළ නොහැකියි. ඔබට පෛතගරස් ප්‍රමේය යෙදීමට සිදු වෙනවා. (එනම්, සරල අංග ගණිත එකතුව වෙනුවට දෛශික ආකලනය/එකතුව කළ යුතු වෙනවා.) ඔබට හැකියි ඉහත සූත්‍රයේ පද තුන පයිතගරස් සෘජුකෝණී ත්‍රිකෝණයකට ආදේශ කරන්නට.




සමහර පොත්වල ඉහත සූත්‍රයම පහත ආකාරවලටද ලියනවා. මෙහිදී සිදු කර ඇත්තේ උඩ තිබෙන j යටට (හරයට) යැවීමයි. එවිට ධණ සලකුණ ඍණ බවට පත් වෙනවා (එය සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවල රීතියකි). උඩ සූත්‍රය වඩා පහසු බව මාගේ හැඟීමයි.

$$\frac{1}{Z}=\frac{1}{R}-\frac{1}{jX} \text{ හෝ } \frac{1}{Z}=\frac{1}{R}+\frac{1}{-jX}$$

දැන් R හා X අගයන් සූත්‍රයට ආදේශ කරන්න (j අකුර නැතැයි සිතා). ඉන් 1/R හා 1/X පද දෙක සුලු කරන්න. එම අගයන් ඉහත ත්‍රිකෝණයට ආදේශ කරන්න. දැන් සුපුරුදු පෛතගරස් ප්‍රමේය අනුව සුලු කරන්න ($(1/Z)^2 = (1/X)^2 + (1/R)^2$). එවිට එම ත්‍රිකෝණයේ කර්ණයෙන් ලැබෙන්නේ 1/Z පදයයි. ඔබට අවශ්‍ය 1/Z නොවේනෙ; ඔබට අවශ්‍ය Z පදයයි. ඉතිං ඉහත ලැබුණු Z අගයෙ පරස්පරය ගත් විට ලැබෙන්නේ Z අගයයි. (ඔබට අවශ්‍ය නම්, කෙලින්ම ඉහත සූත්‍රය පළමුව වීජීය වශයෙන් සුලු කර ලැබෙන අවසන් (ටිකක් බය හිතෙන තරමට විශාල) සූත්‍රයට ප්‍රතිරෝධකයේ හා ප්‍රතිභාදකයේ අගයන් ආදේශ කරද Z අගය ගණනය කළ හැකියි.) දැන් ඔබට ප්‍රශ්නයක් වේවි එතකොට අර j අකුරට කුමක් සිදු වූවාද කියා. ඇත්තටම එම j අකුර නිසා තමයි අපට ත්‍රිකෝණයක් භාවිතා කිරීමට සිදු වූයේ (එය සංකීර්ණ සංඛ්‍යා ඉගෙනීමේදී වැටහේවි). j හි බලපෑම එයයි; අංකගණිත ආකලනය වෙනුවට දෛශික ආකලනය සිදු කරන ලෙසයි ඉන් කියන්නේ. ඉහත 1/Z ගණනය කළ ක්‍රියාපටිපාටිය සංකීර්ණ

සංඛ්‍යාවලදී කෙටියෙන් සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ magnitude (විශාලත්වය) සොයනවා යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. එය පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි. ගණිතයේදී යම් ගණිත ප්‍රකාශයක් මැදි කොට | | යන්න ඇති විට ඉන් කියන්නේ විශාලත්වය හෙවත් නිරපේක්ෂ අගය (absolute value) සොයන ලෙසයි.

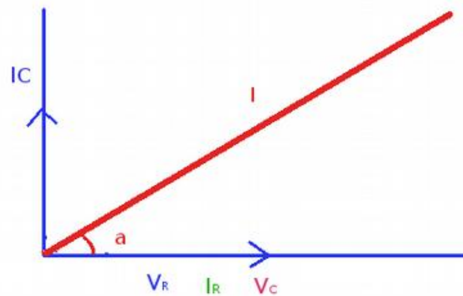
$$\frac{1}{Z}=\left|\frac{1}{R}+j\frac{1}{X}\right|$$

ඔබට නිකමට හෝ හිතෙනව නම්, සංකීර්ණ සංඛ්‍යා නොයොදා මෙය ගණනය කිරීමට ඇත්නම් කියා, ඊටද යම් පිළියමක් ඇත. සංකීර්ණ සංඛ්‍යා හෝ j අකුර හෝ ගැන නොසිතන්න. කෙලින්ම පයිතගරස් ත්‍රිකෝණයට ඉහත පෙන්නුම් කළ ආකාරයට අගයන් ආදේශ කර ගණන සුලු කරන්න. ඇත්තෙන්ම j අකුර තිබීමෙන්ද අපට කියන්නේ එසේ කරන්න කියාය. එනම් X හා R අගයන් පහත සූත්‍රයට කෙලින්ම ආදේශ කර ගණන සුලු කරන්න.

$$\left(\frac{1}{Z}\right)^2=\left(\frac{1}{R}\right)^2+\left(\frac{1}{X}\right)^2$$

ඉහත ආකාරයකට Z අගය ගණනය කළ පසු, වෝල්ටියතාව එම Z අගයෙන් බෙදූවිට ලැබෙන්නේ එම පරිපථ කොටසේ මුලු ධාරාවයි. එය I = V/Z යනුවෙන් ලියනවා. (මෙයත් ඕම් නියමය තමයි. R වෙනුවට Z ආදේශ කර ඇත.)

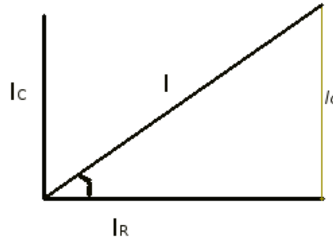
තව එක් දෙයක් ඔබට ගණනය කිරීමට සිදු වෙනවා. එනම් මෙලෙස ගණනය කළ මුලු සමක ධාරාව වෝල්ටියතාව සමග ඇති කලා වෙනසයි. එය හැමවිටම අංශක 0 ත් 90 ත් අතර කලා කෝණයකි. එය ගණනය කරන්නේ කෙසේද? මෙය රූපමය වශයෙන් දැක්වූ විට ඔබට පහසුවෙන්ම වැටහේවි. ඉහත දැකවූ ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකේම ඔබ මේ දැන් ගණනය කළ මුලු ධාරාව අඳින්න. මෙහි a කෝණය තමයි අපට දැන ගැනීමට අවශ්‍ය වන්නේ.



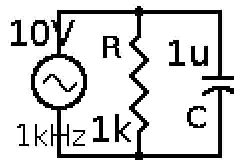

සංකීර්ණ සංඛ්‍යා රීතින්ම යොදාගෙන පහසුවෙන්ම ඔබට එම මුලු ධාරාව වෝල්ටියතාව සමග ඇති කරගන්නා කලා වෙනස ගණනය කිරීමට හැකියි. පෙර පෙන්වා දුන් පරිදි, මුලු ධාරාව $\frac{V}{R}+j\frac{V}{X}$ යන සූත්‍රයෙන් ලැබේ. එවිට මෙම සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ argument එක සෙවූ විට ලැබෙන්නේ කලා කෝණයේ අගයයි. එනිසා,

$$\text{කලා කෝණය}=Arg(I_R+jI_C)=Arg\left(\frac{V}{R}+j\frac{V}{X}\right)$$

සංකීර්ණ සංඛ්‍යා ගැන දැනුමක් නැතිනම්, කලා කෝණය = $\tan^{-1}(I_C/I_R)$ යන ප්‍රතිලෝම ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාතයෙන් වුවද එය පහසුවෙන්ම සෙවිය හැකියි. ඉහත ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාතය ලැබුණේ ඉහත දැක්වෙන ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකෙන්ය. බලන්න එහි ධාරිත්‍රක ධාරාව ප්‍රතිරෝධක ධාරාවට ලම්භකව පවතිනවා. ඉතිං a කෝණය සලකන විට, $I_C$ සම්මුඛ පාදයද $I_R$ බද්ධ පාදයද බවට පත් වෙනවා. එවිට, tan(a) = සම්මුඛ පාදය/ බද්ධ පාදය නිසා, $\tan(a) = I_C/I_R$ නිසා, $a = \tan^{-1}(I_C/I_R)$ වේ. එය වඩාත් පැහැදිලි වේවි පහත රූපයෙන්.




තවද, $I_C = V/X_C$ හා $I_R = V/R$ නිසා, $I_C/I_R = (V/X_C)/(V/R) = R/X_C$ වේ. ඒ අනුව, $\tan^{-1}(I_C/I_R) = \tan^{-1}(R/X_C)$ ලෙසද ලිවිය හැකියි. අපි දැන් ගැටලුවක් ආශ්‍රයෙන් මෙය තවදුරටත් ඉගෙන ගමු. පහත රූපය බලන්න.




ප්‍රතිරෝධකයේ අගය 1K ලෙස දී ඇත. එනිසා, එම ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගලා යන ධාරාව, $I_R = 10/1000 = 0.01$ A හෙවත් 10mA වේ.

ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිභාදක අගය, X = 160 ohm වේ. ඒ අනුව ධාරිත්‍රකය හරහා ගලා යන ධාරාව, $I_C = j(10/160) = j0.0625A$ හෙවත් j62.5mA වේ. j අකුර තිබීමෙන් කියන්නේ මෙම ධාරාව වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 කින් ඉදිරියෙන් සිටින බවයි.

දැන් සමක සම්භාදක අගය, $1/Z = 1/R + j(1/X)$ අනුව, $1/Z = 1/1000 + j(1/160)$ වේ. මෙය පෛතගරස් ප්‍රමේය (හෙවත් දෛශික ආකලනය) අනුව සුලු කළ යුතුය. එවිට,

$(1/Z)^2 = (1/1000)^2 + (1/160)^2 \rightarrow (1/Z)2 = 0.000040062 \rightarrow 1/Z = 0.006329494$ වේ. එවිට,

Z = 1/0.006329494 = 158 ohm.

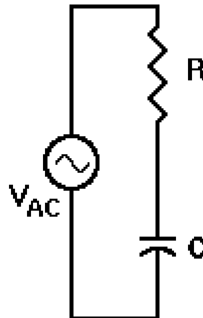
එමනිසා, පරිපථයේ ගලා යන මුලු ධාරාව V/Z = 10/158 = 0.0633A හෙවත් 63mA වේ.

දැන් මෙම ධාරාවේ කලාව සොයමු.

කලා කෝණය $= \text{Arg}(I_R + jI_C) = \text{Arg}(0.01+ j0.0625) = \tan^{-1}(0.0625/0.01) = \tan^{-1}(1000/160) = 80.9^{O}$

ඉහත ගණනය කිරීම්වලදී ආර්ග්‍යුමන්ට් එකට හෝ ප්‍රතිලෝම ටැන් අනුපාතයට ධාරාවේ අගයන්

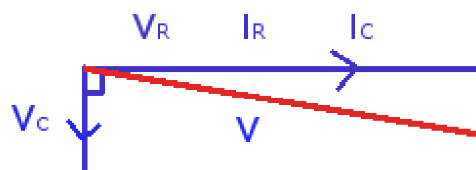
ආදේශ කරන විට, එම අගයන් දෙකම එකම මිම්මෙන් ඇතුලු කරන්න. ඒ කියන්නේ දෙකම ඇම්පියර් හෝ දෙකම මිලිඇම්පියර්වලින්. මෙම කෝණය ධණ බැවින්, ධාරාව විභවයට වඩා ඉදිරියෙන් ගමන් කරනවා. ඇත්තටම RC circuit වල හැමවිටම ලැබෙන මුලු ධාරාව විභවයට වඩා ඉදිරියෙන් ගමන් කරනවා. (පසුව ඉගෙන ගන්නා RL circuit වල මුලු ධාරාව හැමවිටම විභවයට පිටුපසින් ගමන් කරනවා.)




දැන් ප්‍රතිරෝධකයක් හා ධාරිත්‍රකයක් ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ වන අවස්ථාව සලකමු. මෙය Series RC circuit ලෙස හැඳින්වෙනවා.

මෙහිදීද ප්‍රථමයෙන්ම ස්ථාවර ඩීසී විදුලියක් ගමන් කරන අවස්ථාව බලමු. කැප් එක නිසා පරිපථය හරහා ධාරාවක්/විදුලියක් ගමන් නොකර පරිපථ කොටස අක්‍රිය වේ. විචලනය වන විදුලියක් සහිත විට පමණක් පරිපථය හරහා ධාරාවක් ගලා යයි.

විචලනය වන විදුලියක් ගලන විට, උපාංග දෙක ශ්‍රේණිගතව පවතින නිසා ගලා යන්නේ එකම ධාරාවකි. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාවයි ප්‍රතිරෝධකය හරහා යන ධාරාවයි සමකලාවේ පවතිනවා. එහෙත් ඔබ දන්නවා ධාරිත්‍රකයක් හරහා හැමවිටම විභවයට වඩා අංශක 90 කින් ධාරාව පෙර ගමන් කරනවා. අවශ්‍ය නම්, එයම ධාරාවට වඩා පිටුපසින් අංශක 90 කින් විභවය ගමන් කරනවා කියාත් පැවසිය හැකියිනෙ. ඉතිං මෙම තොරතුරු අපි දැන් පහසුවෙන් තේරුම් ගැනීමට ෆේසර් ඩයග්‍රැම් එකක අඳිමු. $I_C$ හා $I_R$ සමකලාවේ පවතී. ප්‍රතිරෝධකයක හැමවිටම ධාරාව හා වෝල්ටියතාව සමකලාවේ වේ. එමනිසා $V_R$ ද එම අක්ෂයේම නිරූපණය කළ යුතුය. කැප් එකේ ධාරාවට වඩා විභවය 90 කින් පිටුපසින් යන නිසා, $V_C$ රූපයේ ආකාරයට සිරස්ව පහලට පැත්තට ඇඳිය යුතුය (ඍණ කෝණ රෙෆරන්ස් ලයින් එකේ සිට දක්ෂිණාවර්තවයි අඳින්නෙ).

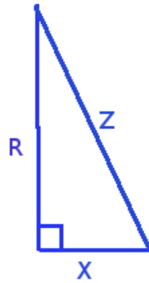



මෙහි මුලු ධාරාවේ අගය කොපමණද? Parallel RC සර්කිට් එකේදී මෙන්ම මෙහිදිත් එය එකවර පැවසිය නොහැකියි. තවද, මෙහිදී එක් එක් උපාංග දෙපස රැඳෙන වෝල්ටියතාව පහසුවෙන් තීරණය කිරීම කළ නොහැකියි මෙම මුලු ධාරාව දැනගන්නා තෙක්. මුලු ධාරාව දැනගත්තේ නම්, එම ධාරාවෙන් ප්‍රතිරෝධයේ අගය වැඩි කිරීමෙන් ප්‍රතිරෝධකය දෙපස රැඳෙන විභවයද, එම මුලු ධාරාව ධාරිත්‍රකයේ

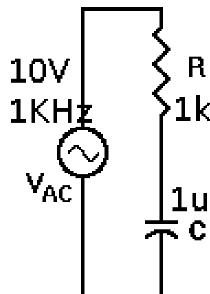
ප්‍රතිභාදක අගය සමග වැඩි කිරීමෙන් ධාරිත්‍රකය දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයද ගණනය කළ හැකියි. මෙලෙස ලබා ගත් උපාංග දෙකේ විභවයන් පවතින්නේ අංශක 90 ක කලා වෙනසකින්ය (ඉහත රූපයේ එය දිස්වේ). මේ අනුව සියල්ලම කිරීමට පරිපථයේ සමක සම්භාදකය සෙවිය යුතුය. (ඉහත පරිපථයේ තිබුණේ නිකංම ප්‍රතිරෝධක දෙකක් නම්, සෘජුවම එම ප්‍රතිරෝධ අගයන් දෙක එකතු කිරීමෙන් සමක ප්‍රතිරෝධය ලැබේ, R = R1 + R2 සූත්‍රය අනුව. එහෙත් මෙතැන තිබෙන්නේ ප්‍රතිරෝධකයක් හා ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාදකයක්.) මෙවැනි අවස්ථාවක යොදන සූත්‍රය වන්නේ,

$Z = R + jX$ වේ.

මෙහිද j තිබෙන නිසා, පෛතගරස් ප්‍රමේය යොදාගෙනයි එය සුලු කිරීමට සිදු වන්නේ.




Z සොයාගත් පසු, වෝල්ටියතාව එම Z වලින් බෙදා පහසුවෙන්ම ධාරාව ගණනය කළ හැකි වෙනවා. උදාහරණයක් ඇසුරින් මෙය තවදුරටත් ඉගෙන ගමු. පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිපථය අනුව ගණනය කිරීම් කරමු.




පළමුවෙන්ම ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිභාදක අගය සෙවිය යුතුය. එය ඕම් 160 කි. දැන් සම්භාදකය සොයමු.

$\mathbf{Z^2 = R^2 + X^2}$ → $Z^2 = 1000^2 + 160^2$ → $Z = 1013$ ohm

ඒ අනුව, ගලන මුලු ධාරාව වන්නේ $V/Z = 10/1013 = 0.0099A$ හෙවත් 9.9mA වේ.

එවිට, $V_R = R \times I = 1000 \times 0.0099 = 9.9V$ හා $V_C = X \times I = 160 \times 0.0099 = 1.6V$ වේ.

ඉහත ගණනය කිරීම් ආසන්න අගයන්ට සන්නිකර්ෂණය කර තිබේ. ඉහත ධාරිත්‍රක හා ප්‍රතිරෝධක විභවයන් දෙක නිකංම (අංකගණිත ආකලනය අනුව) එකතු කළ විට භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවට සමාන වන්නේ නැත. එය ගණනය කිරීමේ දෝෂයක් නොවේ. ඊට හේතුව කලාව වෙනස් වීම වේ. ඒ කියන්නේ සම්භාදකය ගණනය කිරීමට පයිතගරස් ප්‍රමේය (හෙවත් දෛශික ආකලනය) යෙදුවා මෙන්ම, භාහිර වෝල්ටියතාව සෙවීමටද එය යෙදීමට සිදු වේ. සූත්‍රයක් ලෙස එය පහත දැක්වේ.

$V_S^2 = V_R^2 + V_C^2$ (හෝ $V_S = V_R - jV_C$)

ඉහත සූත්‍රයට ඉහත ලබා ගත් අගයන් ආදේශ කර ගණනය කර බලන්න නිවැරදි පිළිතුර ලැබේවි ($V_S^2 = (9.9)^2 + (1.6)^2 \rightarrow V_S = 9.972$; එම අගය 10 ට ඉතාම ආසන්නය). මෙම නව වෝල්ටියතාව ධාරාවට වඩා යම් කලාවකින් පිටුපසින් සිටී. එය සෙවීමට $\tan^{-1}(-X_C/R)$ යන සූත්‍රය යොදන්න. එවිට කලා කෝණය -9.2 පමණ වේ. ඒ කියන්නේ ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකේ x අක්ෂයට යටින් අංශක 9.2 ක් සහිතව ඉරකින් මෙය ඇඳිය හැකියි. 9.2 යනු කුඩා කෝණයකි. ඇත්තටම කෝණයේ විශාලත්වය ගැන හැඟීමක් ගත හැකියි X හා R අගයන් දෙක දෙස බලන විට. X අගයට වඩා R අගය වැඩි වන විට, කෝණය කුඩා වේ. තවද,

$\tan^{-1}(-X_C/R) = \tan^{-1}(-V_C/V_R)$ ($V_C/V_R = IX_C/IR = X_C/R$ නිසා).

ධාරිත්‍රකයක් හා ප්‍රතිරෝධකයක් එකතු වී සාදන සම්භාදකය ගැන හොඳ දැනුමක් දැන් ඔබ සතුව තිබෙනවා. මීට අමතරව, ප්‍රතිරෝධකයක් හා ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක් එකතු වීමෙන්ද සම්භාදකයක් සාදනවා (මේ ගැන ඉන්ඩක්ටර් පාඩම්වල ඉදිරියේදී හමු වේ). තවද, ප්‍රතිරෝධක, ධාරිත්‍රක, හා ඉන්ඩක්ටර් යන උපාංග තුනම එකතු වීත් සම්භාදක සාදනවා.

සම්භාදකය ගණනය කිරීම තරමක් අමුතු වුවත්, එය ගණනය කළ පසු රෙසිස්ටර් මෙන් ඒවා සැලකිය හැකියි. එවිට, සම්භාදක දෙකක් එකිනෙකට සම්බන්ධව ඇති විට, එහි සමක සම්භාදක අගය ප්‍රතිරෝධකවල යෙදූ සූත්‍රම යොදාගෙන ගණනය කළ හැකියි. එනම්, ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධිත සම්භාදක දෙකක්

$Z = Z_1 + Z_2$

යන සූත්‍රයෙන්ද, සමාන්තරගතව සම්බන්ධිත සම්භාදක දෙකක්

$1/Z = 1/Z_1 + 1/Z_2$

යන සූත්‍රයෙන්ද ගණනය කළ හැකියි.

# ෆිල්ටර්

ප්‍රතිරෝධකයක් හා ධාරිත්‍රකයක් යොදාගෙන අපට විවිධාකාරයේ filter සාදාගත හැකියි. ඒ කියන්නේ මෙයත් RC circuit (හෝ CR circuit) එකක්. ෆිල්ටර් එකක් යනු ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල නැතිවම බැරි පරිපථ වර්ගයකි. ෆිල්ටර් එකක් යනු කුමක්ද? ලබා දෙන (ඉන්පුට්) විදුලි සංඥාවක පවතින විවිධ සංඛ්‍යාතවලින් යුතු තරංග අතරින් තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුතු තරංග පමණක් පිටතට ලබා දීම (අවුට්පුට්) ෆිල්ටරයකින් සිදු කෙරේ.

**සටහන**
ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල පමණක් නොවේ ෆිල්ටර් භාවිතා වන්නේ. කුස්සියෙ තිබෙන වතුර ෆිල්ටරය ගැන සිතන්න. ඊට උඩින් වතුර දැමූ විට, එහි රොඩු, බැක්ටීරියා ආදිය ඉවත් කර ඔබට අවශ්‍ය කරපු පිරිසිදු වතුර පිටතට ලබා දෙනවා. තේ සෑදීමේදී භාවිතා කරන තේ ගොට්ට/පෙරනයද එලෙසමයි. වැලි හැලීමට යොදා ගන්නා රයිසිය, පිටි හැලීමට ලබා ගන්නා පෙරනයද ආදී ලෙස මේ සෑම ෆිල්ටර් එකකින්ම කරන රාජකාරිය එකමයි. වාහනවල, ෆ්‍රිජ්වල, පටක රෝපනයේදී, විද්‍යාගාරවල ආදී නොයෙකුත් තැන්වල මෙලෙස විවිධාකාරයේ ෆිල්ටර් භාවිතා කෙරෙනවා. මේ ආදි ලෙස විවිධ

අවස්ථාවන් සඳහා අප ෆිල්ටර් භාවිතා කිරීමෙන් ආරක්ෂාව හා කොලිටිය (වැඩි ගුණාත්මකබවක්) අපේක්ෂා කරනවා නේද? උදාහරණයක් ලෙස, වතුර ෆිල්ටරය සලකන්න. ඉන් අපිරිසිදු දෑ ඉවත් කර පිරිසිදු වතුර පිටතට ලබා දීමෙන් ඔබව ලෙඩ රෝගවලින් ආරක්ෂා කරනවා. තේ හදන විට යොදාගන්නා තේ පෙරනය සලකන්න. එයින් වෙන්නේ ඔබට රොඩු බොඩු නැති තේ එකක් ලබා දීමයි; එනම් තේ එකේ කොලිටිය වැඩි කිරීමයි.

ඉලෙක්ට්‍රොනික් ෆිල්ටර්වල ප්‍රයෝජනයත් එයයි. එනම්, සර්කිට් එකේ ක්‍රියාකාරිත්වයේ ඉහල ගුණාත්මක බවක් ලබා ගැනීම හෝ සර්කිට් එකේ ඇති උපාංගවල ආරක්ෂාව ඉන් තහවුරු වේ. උදාහරණයක් ලෙස සිතන්න මිනිස් කන ගැන. දළ වශයෙන් මිනිසෙකුට හර්ට්ස් 20 සිට 20,000 දක්වා වූ සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුතු ශබ්ද/කම්පන තමයි ඇසෙන්නේ. මෙම පරාසයේ සවුන්ඩ් audible sound (ශ්‍රව්‍ය සංඛ්‍යාත ශබ්ද) ලෙස හැඳින්වෙනවා. හර්ට්ස් 20,000 ට වැඩි සංඛ්‍යාත ultrasound (අතිධ්වනි) ලෙසද, හර්ට්ස් 20 ට අඩු සංඛ්‍යාත infrasound (අවධ්වනි) ලෙස නම් කෙරෙනවා. ඔබේ කනට ඇසෙන්නේ ශ්‍රව්‍ය සංඛ්‍යාත ශබ්ද වුවද පරිසරයේ ඉහත පරාස තුනටම අයත් වන සේ කම්පන ඇති වෙනවා. උදාරහණයක් ලෙස, ඔබ මේසයට තට්ටු කළ විට, ඉන් ශබ්දයක් ඇති වෙනවානෙ. ඒ ඔබට දැනුනේ ශ්‍රව්‍ය පරාසයේ කම්පනයයි. ඔබට සංවේදනය නොවන පරාසයේ කම්පනද එහි පවතිනවා. තවද, තල්මසුන්, වවුලන් ආදී සතුන්ද අතිධ්වනි තරංග යොදාගන්නවා (හරියට අප ශ්‍රව්‍ය සංඛ්‍යාත තරංග යොදා ගන්නවා වාගේ). ඉතිං මයික් එකකින් එවැනි ශබ්දයක් පරිපථයක් තුලට ගෙන ස්පීකර් එකකින් පිට කරන විට, ඔබේ කනට ඇසෙන හා නොඇසෙන පුලුල් පරාසයක් කම්පන පවතිනවා. එලෙස ඉන්ෆ්‍රාසවුන්ඩ් හා අල්ට්‍රාසවුන්ඩ් තිබීම කරුණු කිහිපයක් නිසාම ප්‍රශ්න ඇති කරනවා. එකක් නම්, කනට නොඇසෙන එම ශබ්ද වෙනුවෙන් පරිපථයෙන් ශක්තියක් බොරුවට වැය වේ. තවද, ස්පීකරයට සමහරවිට එම කම්පන හානිකර වේ. ඔබ දැක ඇති සමහර ස්පීකර්වල කෝන් එක ඉරිතලා හෝ පුපුරා තිබෙනවා. ඊට එක් හේතුවක් තමයි, ස්පීකරයට ඔරොත්තු නොදෙන සංඛ්‍යාතවල කම්පන එහි ඇති වීම. සාමාන්‍යයෙන් ස්පීකර් එකක් සාදන්නේ සීමිත සංඛ්‍යාත පරාසයක කම්පන/ශබ්ද පිටකිරීම සඳහායි. මේ හේතු නිසා, එවැනි ශ්‍රව්‍ය සංඛ්‍යාතවලට පරිබාහිරව පවතින අනවශ්‍ය හා හානිකර සංඛ්‍යාත ෆිල්ටර් කළ යුතුයි නේද? එය අත්‍යවශ්‍ය දෙයක්. ඒ විතරක් නොවේ, ස්පීකර් ගණනාවක් හරහා හයිෆයි සවුන්ඩ් එකක් ලබා ගන්නේද ක්‍රොස්ඕවර් ලෙස හැඳින්වෙන ෆිල්ටර් සර්කිට් භාවිතා කරමින්ය. මේ ආදි ලෙස, බොහෝමයක් අවස්ථා සඳහා අපට ෆිල්ටර් අත්‍යවශ්‍ය වේ.

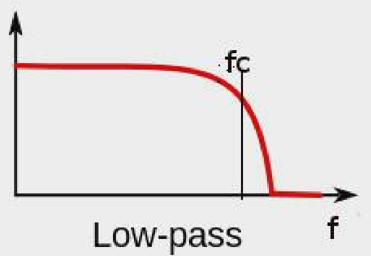
ඉහත උදාහරණයම තවදුරටත් විස්තර කරන්නට කැමතියි. අල්ට්‍රාසවුන්ඩ් මිනිස් කනට ඇසෙන්නේ නැති වුවද, ඒ මඟින් විවිධ වටිනා කාර්යන් සිදු කරගන්නවා. මව් කුස තුළ සිටින දරුවකුගේ ප්‍රතිබිම්භ ලබා ගැනීම (ultrasound scan) , පොලොව යට පවතින මැනික්/පුරාවස්තු ආදී දේවල් "ස්කෑන්" කිරීමට, මුහුදු ආරක්ෂාවට/මාලු ඇල්ලීමට ආදිය යොදා ගන්නා සෝනාර්වල, යන්ත්‍රෝපකරණ පිරිසිදු කිරීම (ultrasound cleaning) ආදී බොහෝ යෙදුම් ඊට උදාහරණ වේ. මේ සෑම අවස්ථාවකදීම අතිධ්වනි යොදා ගත්තත් අපේ කනට ඒවා නොඇසෙන නිසා කිසිදු "කරච්චලයක්" නැත. මේ සියලු උපකරණවල අප ෆිල්ටර් යොදා ගන්නවා අතිධ්වනි හැර අනෙක් පහළ සංඛ්‍යාත කම්පන සියල්ල කපා දැමීමටත්.

ඔබ දන්නවා ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් වැඩ කරන්නේ විදුලි සංඥා සමගයි. විදුලි සංඥා විවිධ හැඩයන්ගෙන් යුක්තයි. මීට පෙරත් සඳහන් කළ ආකාරයට ඕනෑම අක්‍රමවත් තරංග හැඩයක් යනු විවිධ සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් හා විස්තාරයන්ගෙන් යුතු සයිනාකාර තරංග රාශියක එකතුවක්. ඉතිං මෙවැනි අක්‍රමවත් සංකීර්ණ තරංග ස්වරූපයක් ගමන් කරන විට, ඉහත සඳහන් කළ ආකාරයේ හේතුන් නිසා, අපට අවශ්‍ය වෙනවා එම සංකීර්ණ හා සංයුක්ත (combined) තරංගවලින් ඔබට අවශ්‍ය (එනම් ඔබ

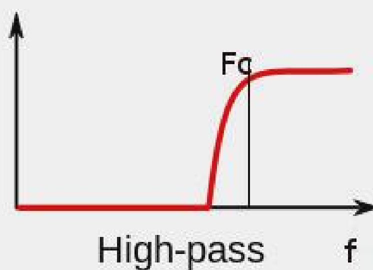
විසින් තීරණය කරන) සංඛ්‍යාතවලට පමණක් ගමන් කරවීමට සලස්වන්නට. උදාහරණයක් ලෙස සිතමු හර්ට්ස් 100 සිට 1000 දක්වා වූ පරාසයක වූ සංඛ්‍යාතවලින් යුත් සංයුක්ත තරංගයකින් හර්ට්ස් 500 ට වැඩි සංඛ්‍යාතවලට පමණක් ගමන් කිරීමට සලස්වා ඊට අඩු සංඛ්‍යාත බ්ලොක් කිරීමට අවශ්‍යයි කියා. මෙය තමයි ෆිල්ටර් එකකින් සිදු කරන්නේ.

ඇත්තටම ප්‍රධාන ෆිල්ටර් 2 ක් ඇත.

1. යම් කිසි තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයකට පහළ සංඛ්‍යාතයන්ට පමණක් ගමන් කිරීමට සලස්වන ෆිල්ටර් එක. මෙහිදී එම තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයට ඉහලින් ඇති සංඛ්‍යාතයන් බ්ලොක් කෙරේ. මෙය Low Pass Filter (LPF) ලෙසයි හැඳින්වෙන්නේ. තෝරාගත් සංඛ්‍යාතය cut-off frequency හෝ corner frequency ($f_c$) ලෙස හැඳින්වේ. ෆිල්ටර් නොවී ගමන් කිරීමට සලස්වන සංඛ්‍යාත පරාසය passband ලෙසද, ෆිල්ටර් කර දමන සංඛ්‍යාත පරාසය stopband ලෙසද නම් කෙරෙනවා. ඒ අනුව පහත LPF හි පාස්බෑන්ඩ් එක වන්නේ $f_c$ සංඛ්‍යාතයට වම් අත පැත්තට ඇති සංඛ්‍යාත පරාසය වන අතර, $f_c$ ට දකුණු අත පැත්තෙන් ඇති සංඛ්‍යාත පරාසය ස්ටොප්බෑන්ඩ් වේ.

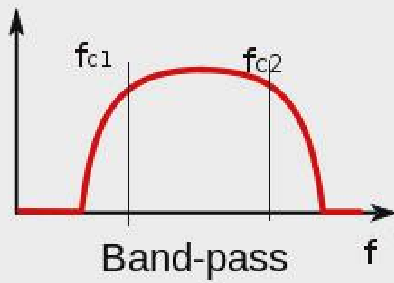



2. යම් කිසි තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයකට (cut-off frequency) වඩා ඉහල සංඛ්‍යාතයන්ට පමණක් ගමන් කිරීමට සලස්වන ෆිල්ටර් එක. මෙහිදී එම තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයට පහල සංඛ්‍යාතයන් බ්ලොක් කෙරේ. High Pass Filter (HPF) ලෙස මෙය හැඳින්වේ.

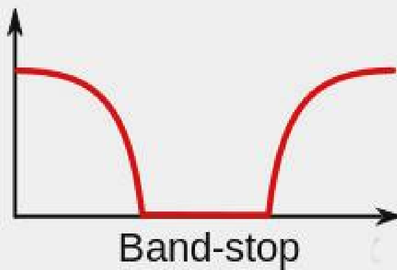



ඉහත ප්‍රධාන ෆිල්ටර් දෙක එකට යොදා ගනිමින් සංයුක්ත ෆිල්ටර් සාදා ගත හැකියි. ඒ අතරින් ප්‍රධානතම සංයුක්ත ෆිල්ටර් වර්ග 2 ක් තිබේ.

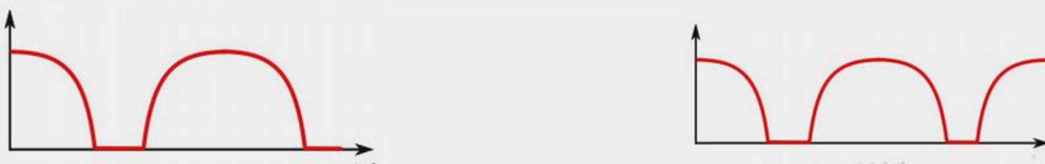
1. යම් කිසි තෝරාගත් සංඛ්‍යාත අගයන් දෙකක් අතර සංඛ්‍යාත කලාපයකට (frequency band) පමණක් ගමන් කිරීමට සලස්වන ෆිල්ටර් එක. මෙහිදී මෙම තෝරාගත් සංඛ්‍යාත පරාසයෙන් පිට සියලු සංඛ්‍යාත බ්ලොක් කෙරේ. මෙය Band Pass Filter (BPF) ලෙස හැඳින් වේ. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාත දෙකෙන් පහල අගය සහිත එක lower cut-off frequency ලෙසද, ඉහල අගය සහිත සංඛ්‍යාතය upper cut-off frequency ලෙසද හැඳින්වෙනවා. අවම හා උපරිම කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාත දෙක අතර පවතින සංඛ්‍යාත පරාසය bandwidth ලෙස හැඳින්වෙනවා.



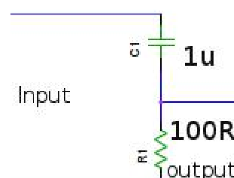

2. යම් කිසි තෝරාගත් සංඛ්‍යාත අගයන් දෙකක් (ලෝවර් කට්-ඕෆ් හා අපර් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාත දෙක) අතර සංඛ්‍යාත කලාපයක් බ්ලොක් කර, ඉන් පිට සියලු සංඛ්‍යාතයන්ට ගමන් කිරීමට සලස්වන පිල්ටර් එක. මෙය Notch Filter ලෙස හැඳින්වේ. මෙයම Band Notch Filter, Band Rejection Filter, Band Elimination Filter, Band Stop Filter යන නම්වලිනුත් හැඳින්වේ (notch, rejection, elimination, stop යන ඉංග්‍රිසි වචන සියල්ලම මෙහිදී එකම තේරුම ලබාදේ).




මීටත් අමතරව, විවිධ ලෙස සරල පිල්ටර් කොටස් එකතු කරමින් ඉන්පුට් කරන සංඛ්‍යාත පරාසය තුළ විවිධ විවිධ තැන්වල පවතින සංඛ්‍යාතවලට පමණක් යැමට හැකි පරිදි පිල්ටර් වර්ග සාදා ගත හැකියි.

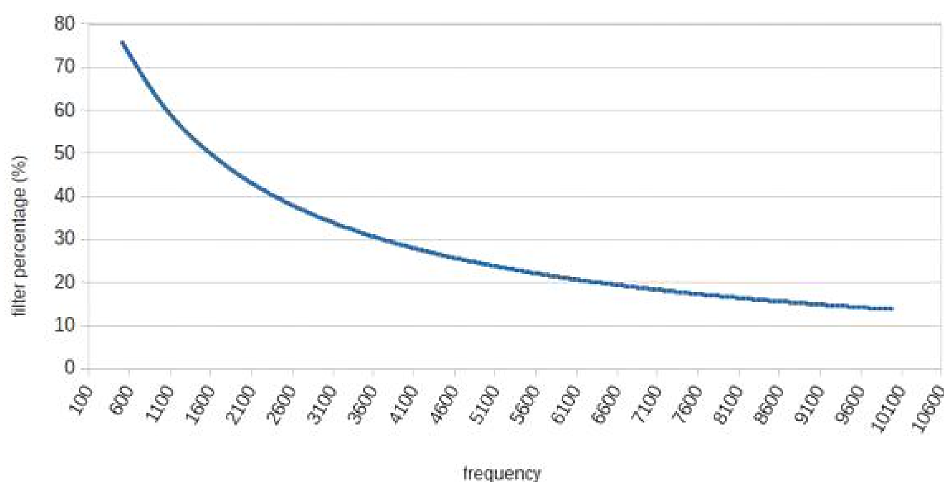


පහත රූපය බලන්න. මෙය ඔබ ඉහත දුටු විභව බෙදුම් පරිපථයක් නේද? ඔව්. එහෙත් දැන් අප මෙම පරිපථය පෙරනයක් (පිල්ටරයක්) ලෙසයි යොදා ගන්නේ. මෙය පෙරනයක් ලෙස ක්‍රියා කරන්නේ කෙසේදැයි දැන් සොයා බලමු.



මෙහි ඉන්පුට් අග්‍ර දෙකට විවිධ සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුතු විදුලි සංඥාවක් යොමු කළේ යැයි සිතන්න. එම එක් එක් සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුතු තරංගයන්ට ධාරිත්‍රකය මීට පෙර ඔබ උගත් පරිදි විවිධ ප්‍රතිබාධක අගයන් දක්වනවා. සංඛ්‍යාතය ඉහල යන විට, ප්‍රතිබාධකය පහල යනවා. උදාහරණයක් ලෙස, මේ අතරින් හර්ට්ස් 100 සංඥාවට ඉහත රූපයේ ධාරිත්‍රකයෙන් ඕම් 1600 ක ප්‍රතිබාධයක් ඇති කරනවා. එවිට එම හර්ට්ස් 100 සංඥාව සඳහා ධාරිත්‍රකය හා ප්‍රතිරෝධකය සාදන විභව බෙදුමෙන් ඉන්පුට් වෝල්ටියතාව 1600:100 හෙවත් 16:1 අනුපාතයට බෙදෙනවා. ඒ කියන්නේ එම හර්ට්ස් 100 සංඥාවෙන් අවුට්පුට් වන්නේ ඉන්පුට් කරපු වෝල්ටියතාවෙන් (1/(16+1) =) 1/17 ක (හෙවත් 0.059 ක) කුඩා ප්‍රමාණයක් හෙවත් ප්‍රතිශතයක් ලෙස (0.059 x 100% =) 5.9% කි. ඒ කියන්නේ ඉන්පුට් කරපු සංඥාවේ විශාලත්වයෙන් (වෝල්ට් ගණනින්) (100-5.9=) 94.1% ක ප්‍රමාණයක් කැපී ගොස් (ඇටෙනුවේට්) ඇත. ප්‍රායෝගිකව මෙය තමයි සංඥාවක් ෆිල්ටර් වෙනවා යනුවෙන් පවසන්නේ (සෛද්ධාන්තිකව නම් 100%කින් ෆිල්ටර් වෙනවා කිව්වත්, ප්‍රායෝගිකව ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි යම් ප්‍රතිශතයක් දක්වා තමයි ෆිල්ටර් වීම සිදු වෙන්නේ). දැන් හර්ට්ස් 10000 ක සංඥාවක් ගෙන බලමු. එවිට එම ධාරිත්‍රකයෙන් ඕම් 16 ක ප්‍රතිබාධකයක් ඇති කරනවා. එය 16:100 ක හෙවත් 4:25 අනුපාතයකින් විභව බෙදුම ඇති කරනවා. ඒ කියන්නේ අවුට්පුට් වෝල්ටියතාව ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් (25/(25+4) =) 25/29 ක් හෙවත් ප්‍රතිශතයක් ලෙස 86%ක්. ඒ කියන්නේ මෙහිදී ෆිල්ටර් වී ඇත්තේ 14%ක් වැනි කුඩා ප්‍රමාණයක්. මෙහිදී ඉන්පුට් වෝල්ටියතාව එතරම් අඩු නොකර අවුට්පුට් වෝල්ටියතාව ලෙස ලබා දෙනවා නේද? ඒ කියන්නේ හර්ට්ස් 100000 සංඥාව එච්චර ෆිල්ටර් වෙලා නැහැ. ඉහත ෆිල්ටරයෙන් සංඛ්‍යාතය වැඩි වේගෙන යන විට, ෆිල්ටර් වීම ක්‍රමයෙන් අඩු වේගෙන යනවා.

මේ ආකාරයට එක් එක් සංඛ්‍යාතයක් සඳහා අවශ්‍ය නම් ඉහත ආකාරයට ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවට සාපේක්ෂව අවුට්පුට් වෝල්ටියතාවේ ප්‍රතිශතය ගණනය කළ හැකියි. තනි තනි සංඛ්‍යාතය සඳහා එකින් එක ගණනය කර දැක්වීම ප්‍රායෝගිකව කළ නොහැකි බැවින්, එය ප්‍රස්ථාරයක් ලෙස පහත ආකාරයට දැක්විය හැකියි. හර්ට්ස් 100 සිට 10000 දක්වා සංඛ්‍යාත පරාසය තුළ ඕම් 100 රෙසිස්ටරයක් හා මයික්‍රොෆැරඩ් 1 ක කැප් එකක් සහිත ඉහත රූපයේ පෙන්නුම් කළ පරිපථයේ එක් එක් සංඛ්‍යාතයෙන් ෆිල්ටර්වන ප්‍රමාණය ප්‍රතිශතයක් වශයෙන් මෙම ප්‍රස්ථාරය සකසා ඇත.




ඉහත විස්තරය අනුවත් ප්‍රස්ථාරය අනුවත් ඔබට දැන් යම් ගැටලුවක් ඇති විය හැකියි. එනම්, ෆිල්ටර් වීමේදී අවශ්‍ය සංඛ්‍යාතය 100% ක්ම ෆිල්ටර් වෙන්නේ නැත. එවිට, ඔබ ඇසිය යුතුයි ඉන්පුට් කරපු සංඥාවෙන් සියයට කොච්චරක් දක්වා අඩු වූ විටද ෆිල්ටර් වීමක් ලෙස සලකන්නේ කියා. එය හොඳ

ප්‍රශ්නයක්.

**ලබා දුන් සංඥාවේ ජවයෙන් (හෝ ශක්තියෙන්) 50%ක් දක්වා අඩු වූ විට "සම්මතයක් වශයෙන්" පිල්ටර් වීමක් ලෙස සැලකේ.**

ඒ කියන්නේ ඉන්පුට් කරපු සංඥාවේ ජවයෙන් හරි අඩක් දක්වා අඩු වූයේ නම්, එතැන පිල්ටර් වීමක් සිදු වූයේ යැයි කියයි. ප්‍රායෝගිකව ඇත්ත වශයෙන්ම ඊට අඩු ප්‍රතිශතයන්ගෙන් හා වැඩි ප්‍රතිශතයන්ගෙන්ද පිල්ටර් වීම සිදු වෙන බවද මතක තබා ගන්න. ඉහත ප්‍රස්ථාරයේ ඉතා විශාල සංඛ්‍යාත පරාසයක් තුල (දළ වශයෙන් හර්ට්ස් 1600 සිට ඉහලට; එනම් 1600Hz තැන සිට දකුණු අත පැත්තට) සංඥාව ඇටෙනුවේට් වෙන්නේ ඉතා ස්වල්ප වශයෙනි. සාමාන්‍යයෙන් එම ස්වල්පයත් අප නොසලකා හැර, අප සඳහන් කරනවා එම පාස්බෑන්ඩ් එක පිල්ටර් වී නොමැති බව. එලෙසම ස්ටොප්බෑන්ඩ් එක සීඝ්‍රයෙන් පිල්ටර් වෙන බවද පේනවා (ඉහත ප්‍රස්ථාරයේ දකුණු පැත්තට වන්නට තිබෙන වක්‍ර කොටස).

හොඳින් සිහිතබා ගන්න මා ඉහත ඡේදයේ පිල්ටර් වීම අර්ථ දැක්වූයේ ජවය මත මිසක් ධාරාව හෝ වෝල්ටියතාව මත නොවේ. එය හිතාමතා කළ දෙයකි. ජවයෙන් කොතරම් ප්‍රමාණයක් ඇටෙනුවේට් වෙනවාද යන්නයි අර්ථ දැක්වීමට ගෙන තිබෙන්නේ. එහෙත් අපට හැකියි ජවය වෙනුවට වෝල්ටියතාව හෝ ධාරාව වුවත් යොදා ගන්නට පිල්ටර් වන ප්‍රමාණයන්/ප්‍රතිශතයන් දැක්වීම සඳහා. මේ ගැන මොහොතකින් විස්තර කෙරේ.

ඉහත ප්‍රස්ථාරය බැලූ විට එක් එක් සංඛ්‍යාතයන් පිල්ටර් වන්නේ විවිධ ප්‍රතිශතවලින් බව පැහැදිලිව පෙනේ. ප්‍රතිශත දක්වන y අක්ෂයේ 50% ස්ථානය තමයි සම්මතය අනුව පිල්ටර් වීම ආරම්භ කරන තැන. ඉහත high pass filter එකට අදාල ප්‍රස්ථාරයේ එම 50% ප්‍රතිශතයේ සිට පහල ප්‍රතිශතයන් පෙන්වන සියලු සංඛ්‍යාත පිල්ටර් වන බවත්, එම ප්‍රතිශතයේ සිට ඉහල ප්‍රතිශතයන් පෙන්වන සියලු සංඛ්‍යාත පිල්ටර් නොවන බවද සැලකිය යුතුයි. එසේ සැලකීම සම්මතයයි.

**සටහන**

## ඩෙසිබෙල්

පිල්ටර් ගැන කතා කිරීමෙදිත් තව බොහෝ තැන්වලත් හමුවන වචනයකි/සංකල්පයකි ඩෙසිබෙල් (deciBel). ඇත්තටම ඩෙසිබෙල් යනු එතරම් වැදගත් නොවන වැඩ අවුල් කරන සංකල්පයකි. එහෙත් බොහෝ දෙනා මෙය බහුලව යොදා ගන්නා නිසා එය ගැන ඉගෙන ගත යුතුය. මොකක්ද මේ ඩෙසිබෙල්? එය ගණිතයේදී හමුවන දර්ශක හා ලඝු යන ගණිත සංකල්ප උපයෝගී කර ගනිමින් සාදා ඇත. යම් රාශියක අනුපාත සඳහන් කරන විට මෙය නිතරම යෙදේ. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්හිදි, වෝල්ටියතාව අසවල් ප්‍රමාණයකින් වර්ධන වූවා, ධාරාව අසවල් ප්‍රමාණයකින් ඇටෙනුවේට් වූවා, ජවය අසවල් අනුපාතයෙන් පිට කරනවා ආදී ලෙස, සලකා බලනු ලබන රාශියේ අනුපාතයක් ගැන කතා කරන විට මෙය යෙදිය හැකියි.

බෙල් (Bel) යන්න පහත පොදු ක්‍රමයට අර්ථ දැක්විය හැකියි.

බෙල් ගණන = ලඝු$_{10}$(රාශියේ යම් අගයක්/එම රාශියේම තවත් අගයක්)

එනම්, වෝල්ට් හෝ ධාරාව හෝ ජවය හෝ පීඩනය, ශබ්දයේ සැර ආදී වෙනත් රාශියක හෝ අගයන් දෙකක් සංසන්දනය කළ යුතු විට, එම අගයන් දෙකේ අනුපාතය හෙවත් එක් අගයක් අනෙක් අගයෙන් බෙදා, එම ලැබෙන අගයෙහි දහය පාදයේ ලඝු ගත් විට ලැබෙන්නේ බෙල් යන ඒකකයෙන් දක්වන අනුපාතයයි. උදාහරණයක් ලෙස, යම් ඇම්ප් එකකට ඉන්පුට් කරන සංඥාවේ ජවය මිලිවොට් 1 ක් නම්

හා ඉන් අවුට්පුට් කරන ජවය වොට් 10 ක් නම්, එහි ජවය වර්ධනය කරපු ප්‍රමාණය 10W/0.001W = 10000 වේ. එකම රාශියක බෙදීමක් යනු අනුපාතයකි; අනුපාතයකට ඒකක නැත (මොකද හරයේ හා ලවයේ පවතින එකම ඒකක දෙක එකිනෙකට කැපෙන නිසා). එහෙත් බෙල් අනුපාතවලදී "බෙල්" යන ඒකකය අප කෘත්‍රිමව යොදනවා. නිකංම ඉලක්කමක්/අනුපාත අගයක් කියනවාට වඩා යම් ඒකකයක නමක් සහිතව කියන විට, එය අසන/කියවන කෙනාට "බෙල්" යන ඒකක නාමය ඇසෙන විට, එය යම් අනුපාතයක් බව ඉබේම සිහි වෙනවා. ඒ අනුව, මෙම වර්ධන ප්‍රමාණය බෙල් ඒකකයෙන්ද කිව හැකියි. ඉහත අර්ථ දැක්වීම අනුව,

වර්ධනයේ බෙල් ගණන = ලඝු$_{10}$(10W/0.001W) = ලඝු$_{10}$ (10000) = 4 Bel වේ.

Bel යන නම ටෙලිෆෝනය මුල්වරට සොයා ගත් ඇලෙක්සැනඩර් ග්‍රැහැම් බෙල් යන සුප්‍රකට නිර්මාණකරුවාට ගෞරව පිණිස යොදා ඇත. Bel යන්නට කෙටි සංකේතය B වේ. ඒ අනුව 4Bel යන්න 4B ලෙස ලිවිය හැකියි.

ප්‍රධාන මුල් ඒකකය ඉහත විස්තර කළ පරිදි බෙල් වුවත්, ප්‍රායෝගික තලයේදී බෙල් වෙනුවට බෙල් එකකින් දහයෙන් පංගුව වන ඩෙසිබෙල් තමයි භාවිතා කෙරෙන්නෙ. (ඔබ දන්නවා deci යන්න “දහයෙන් පංගුව” යන තේරුම සහිතයි හරියට kilo යන්නට 1000 යන තේරුම පවතිනවා වාගේ). ඒ කියන්නේ

ඩෙසිබෙල් 10 = බෙල් 1

මේ අනුව ඉහත ඇම්ප් එකේ වර්ධනය ඩෙසිබෙල් 40 කි. බෙල්/ඩෙසිබෙල් ගණනය කරන ඉහත සරල ලඝු සූත්‍රයේ හරයට වඩා ලවයේ අගය වැඩි වූ විට ලැබෙන්නේ ධන අගයක් වන අතර, හරයට වඩා ලවයේ අගය අඩු වූ විට ඍණ අගයක් ලැබේ. උදාහරණයක් ලෙස යම් පරිපථ කොටසකින් ඉන්පුට් කරන ජවයෙන් දහයෙන් එක් පංගුවක් නම් අවුට්පුට් කරන්නේ, එහි ඩෙසිබෙල් ගණන ගණනය කරමු.

ඩෙසිබෙල් ගණන = 10 ලඝු$_{10}$ (1/10) = 10 ලඝු$_{10}$($10^{-1}$) = 10(-1) = -10 වේ.

එය -10dB ලෙස ලිවිය යුතුය. බෙල්/ඩෙසිබෙල් ගණනය කිරීමට අත්‍යවශ්‍ය වන්නේ අදාල රාශියේ අනුපාතයයි. ඉහත උදාහරණයේ "දහයෙන් එක් පංගුවක්" ලෙස දී ඇත්තේ එම අනුපාතයයි. එය 10:1 යන අනුපාතයයි ("10 ක් දුන් විට 1 ක් පිට කෙරේ”). ඊට පෙර ඇම්ප් උදාහරණයේදී කෙලින්ම අනුපාතය නොව වෙන වෙනම නිත්‍ය අගයන් (වොට් 10 හා මිලිවොට් 1 ලෙස) තමයි ලබා දී තිබුණේ. එම නිත්‍ය අගයන් පහසුවෙන්ම අපට 0.001:10 හෙවත් 1:10000 ලෙස අනුපාතයක් වශයෙන් සාදා ගත හැකියි. ඒ කියන්නේ කෙලින්ම අනුපාතය දී තිබුණත් නිත්‍ය අගයන් දෙක වෙන වෙනම දී තිබුණත් අපට බෙල්/ඩෙසිබෙල් ගණනය කළ හැකියි.

විදුලිය/ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ක්ෂේත්‍රයේ පමණක් නොව, වෙනත් ක්ෂේත්‍රවලත් ඩෙසිබෙල් ක්‍රමය බහුලවම යොදා ගන්නවා. උදාහරණයක් ලෙස, ශබ්දයක සැර අඩු වැඩි වීම දැක්වීමටද ඩෙසිබෙල් යොදා ගන්නවා. ශබ්දයක් දෙගුණයකින් වැඩි වීම ඩෙසිබල් 3 කින් වැඩි කිරීමකි; ශබ්දයෙන් හරි අඩක් දක්වා සැර අඩු කිරීම ඩෙසිබල් 3 කින් අඩු කිරීමකි.

වැඩි වීමක් ධන ඩෙසිබල් අගයකිනුත් අඩු වීමක් ඍණ ඩෙසිබල් අගයකිනුත් නිරූපණය කෙරෙනවා. එවිට, යම් පරිපථයකින් ශබ්දයේ හඬ -6dB කින් වෙනස් කළා කී විට, ඉන් කියන්නේ එම ශබ්දය හතර ගුණයකින් අඩු කළා කියන එකයි. එම පරිපථයෙන් +3dB කින් වෙනස් කළා කී විට, ඉන් කියන්නේ ශබ්දය දෙගුණයකින් වැඩි කළා කියන එකයි.

විදුලියේදීද ඩෙසිබල් විවිධාකාරයෙන් භාවිතා කරනවා. අතිශය බහුතරයක් අවස්ථාවලදී එය යොදා ගන්නේ විදුලි ජවයන් (වොට්වලින් මනින) දෙකක හෝ විභවයන් (වෝල්ට්වලින් මනින) දෙකක අනුපාත සමගයි. ජවයන් (ශක්ති) දෙකක අනුපාතය මැනීමයි නිවැරදි සම්මත ක්‍රමය. උදාහරණයක් ලෙස, යම් පරිපථ කොටසකට ලැබෙන ජවයෙන් කොතරම් කොටසක් අවුට්පුට් වෙනවාද යන්න දැක්විය හැකියි. එවිට එය "ජව අනුපාතයකි" (power ratio).

Power ratio (dB) = 10 $\log_{10}(P_{OUT}/P_{IN})$

ශක්තිය හෝ ජවය යනු අදිශ රාශියකි. එය කුමන ස්වරූපයෙන් පැවතියත් කුමන ස්වරූපවලින් උත්සර්ජනය වුවත් කුමන ස්ථානවලින් එම උත්සර්ජනය සිදු වුවත්, ජවය වෙනස් නොවේ. තවත් ලෙසකින් කියතොත් බාහිර සාධක වෙනස් වුවත් ජවය වෙනස් නොවේ. එනිසයි ජවය අනුපාත සම්මතයක් ලෙස භාවිතා කරන්නෙ. එහෙත් හැමවිටම ජවය යන රාශිය සමග වැඩ කිරීම ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල පහසු හෝ ප්‍රායෝගික නැත. සිතා බලන්න පරිපථ සමග වැඩකරන ඔබ වැඩිපුරම කතා කරන්නේ වොට් (ජවය) ගැනද විභවය (වෝල්ට්) ගැනද? ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්හි සම්මතයක් ලෙස ඩෙසිබෙල් අර්ථ දක්වා තිබෙන්නේ ජවය පදනම් කරගෙනයි. ඊට හේතුව ජවය බාහිර සාධක මත වෙනස් නොවීම බව ඉහත සඳහන් කළා. එහෙත් ජවය = (වෝල්ටියතාව)$^2$/ප්‍රතිරෝධය නිසා, ඉහත සූත්‍රය පහත ආකාරයටද ලිවිය හැකියි නේද?

$$Power(dB) = 10\log_{10}\frac{\frac{V_O^2}{R_O}}{\frac{V_I^2}{R_I}}$$

මෙහි $R_O$ යනු අවුට්පුට් කොටසේ ප්‍රතිරෝධය හෙවත් output resistance වේ. $R_I$ යනු input resistance වේ. මෙම සූත්‍රය පහසුවෙන් සුලු කළ නොහැකියි. එහෙත් එක **කොන්දේසියක්** මත මෙම සූත්‍රය සරල කළ හැකියි. එනම්, **අවුට්පුට් රෙසිස්ටන්ස් = ඉන්පුට් රෙසිස්ටන්ස්** නම්, එම සූත්‍රය පහත ආකාරයට සරල වේ.

power (dB) = $10\log_{10}(V_O^2/V_I^2) \rightarrow 10\log_{10}(V_O/V_I)^2 \rightarrow 20\log_{10}(V_O/V_I)$

මෙතැන් සිට එය ජව අනුපාතයක් ලෙස නොව විභව අනුපාතයක් ලෙසයි පෙනෙන්නේ. එහෙත් ඇත්තටම එය තවමත් ජව අනුපාතයම තමයි; නමුත් ජව අනුපාතය සැඟව විභව අනුපාතය තුළ තිබෙන්නේ. මෙම සූත්‍රයේ ඇති වාසිය තමයි, නිතරම භාවිතා කෙරෙන විභවය ඇසුරින් එය පැවතීම. එහෙත් එහි අවාසිය නම්, සමහරුන් එම සූත්‍රය වැරදියට තේරුම් ගැනීමයි. එම වැරැද්ද දෙයාකාරයකින් සිදු වෙනවා.

පළමු වැරැද්ද වන්නේ ඉහත කොන්දේසිය අමතක කිරීමයි (එනම්, ප්‍රදාන ප්‍රතිරෝධය = ප්‍රතිදාන ප්‍රතිරෝධය විය යුතු බව අමතක කිරීම). බොහෝ අවස්ථා තිබෙනවා එම කොන්දේසිය සපුරන්නේ නැති. එවැනි අවස්ථාවල මෙම සූත්‍රය යෙදිය නොහැකියි. එවිට වඩා නිවැරදි ජව සූත්‍රය භාවිතා කරන්න.

දෙවැනි වැරැද්ද මීට වඩා සියුම්ය. ඔබ ඩෙසිබෙල් ගැන පැහැදිලි කිරීම හොඳින් තේරුම් ගත්තා නම් පෙනේවි එය නිකංම අනුපාතයක් බව. ඒ කියන්නේ ඔබට අවශ්‍ය ඕනෑම රාශියක් ගෙන එහි අවස්ථා හෝ අගයන් දෙකක් සලකා බැලීමයි ඉන් කරන්නේ. එම අගයන් දෙක ඉන් සංසන්දනය කිරීමකුයි සිදු වන්නේ. ඉතිං එලෙස සංසන්දනය කරන රාශිය ඔබට කැමැති ඕනෑම එකක් විය හැකියි. එය පීඩනය,

උෂ්ණත්වය, ශබ්දයේ සැර, විදුලි ධාරාව, ජවය, විදුලි වෝල්ටියතාව ආදී ඕනෑම එකක් විය හැකියි. ඒ අනුව අපට යම් වෝල්ටියතා දෙකක් පහත ආකාරයට පොදු ඩෙසිබෙල් සූත්‍රය ඇසුරින් සංසන්දනය කළ හැකියි නේද?

Voltage ratio (dB) = $10\log_{10}(voltage_{IN}/voltage_{OUT})$

ඔව්. එසේ කළ හැකියි. නැවතත් මා කියන්නම් මෙහිදී කර තිබෙන්නේ ඩෙසිබෙල් පොදු සූත්‍රය වෝල්ටියතා දෙකක් සැසඳීමට යොදා ගැනීමයි. හරියටම මෙයම තමයි අප ජව දෙකක් සැසඳීමට යොදා ගත්තෙත්. එහෙත් ඕනෑම දෙයක් කළ හැකි පමණින් එය සම්මතයක් වන්නේ නැත. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබට පුලුවන් ඔබ විසින්ම සාදාගත් ඒකකයකින් දුරවල් මනින්නට. ඔබ එලෙස නිර්මාණය කළ දුර මනින ඒකකය ඔබේ නාසයේ දිග හෝ ඔබේ කටේ පළල විය හැකියි. එහෙත් එම ඒකකය සම්මතයක් නොවේ; සම්මතය ලෙස ගෙන ඇත්තේ මීටරයයි. මෙලෙසම විදුලිය සම්බන්ධව ජව අනුපාතය සම්මතයක් වුවත් වෝල්ටියතා අනුපාතය සම්මතයක් නොවේ.

එහෙත් මීට පෙර පෙන්වා දුන් පරිදි සම්මතයට ගැලපෙන අයුරින් වෝල්ටියතා ඩෙසිබෙල් අනුපාතය අර්ථ දැක්විය හැකියි (ඒ කියපු කොන්දේසියට යටත්ව). එම සූත්‍රයේ 10 වෙනුවට 20 පැමිණියේ මෙම සම්මතයට අනුකූල වීමක් ලෙසයි (ලඝු රීතින්ට අනුව). ඔබට පෙනෙනවා ඇති සම්මතය අනුව වෝල්ටියතා අනුපාතයේ ඩෙසිබෙල් අගය හා සම්මතය නොවූ එහෙත් පොදු බෙල් අර්ථ දැක්වීම අනුව වෝල්ටියතා අනුපාතයේ ඩෙසිබෙල් අගය යන දෙක අතර පවතින වෙනස්කම.

**power (dB) = $20\log_{10}(V_O/V_I)$** - නිවැරදි සම්මත සූත්‍රය

~~Voltage ratio (dB) = $10\log_{10}(V_O/V_I)$~~ - වැරදි අසම්මත සූත්‍රය

දහයේ පාදයේ ලඝු ගෙන ඇති නිසා, බෙල් අගය එක බැගින් වැඩි වන්නේ දහයේ ගුණාකාරවලිනි. යම් අගයක දස ගුණයක වැඩි වීමක් බෙල් එකකින් වැඩි වීමකි; සිය ගුණයක වැඩි වීමක් බෙල් දෙකක වැඩි වීමකි; දහස් ගුණයක වැඩි වීමක් බෙල් තුනක වැඩි වීමකි; ආදී වශයෙනි. අඩු වීම ගැනද එලෙසම සිතන්න. දහස් ගුණයක අඩු වීමක් බෙල් තුනක අඩු වීමකි. බෙල් වෙනුවට ඩෙසිබෙල් යොදා ගන්නේ නම්, එම බෙල් අගයන් දහයෙන් ගුණ කර කියන්න. බෙල් තුනක් යනු ඩෙසිබෙල් 30 කි; බෙල් 2.3 ක් යනු ඩෙසිබෙල් 23 කි. බෙල්/ඩෙසිබෙල් සමග වැඩ කටයුතු කිරීමට ලඝු ගැන දැනීමක් ඔබට තිබිය යුතුයි.

ලඝු(1) හැමවිටම 0 වන අතර, ලඝු(10) අගය 1 වේ. ඒ කියන්නේ 1 ත් 10 ත් අතර පවතින ලඝු/බෙල් අගයන් දශම සංඛ්‍යා වේ. පහත දැක්වෙන්නේ 1 ත් 10 ත් අතර සංඛ්‍යාවල බෙල් අගයන්ය. බිංදුවේ ලඝු නැත (ඇත්තටම බිංදුවේ ලඝු සෙවිය නොහැකි වීම ඩෙසිබෙල් ක්‍රමයේද දුර්වලතාවක් හැටියට ඉබේම පත් වේ).

| සංඛ්‍යාව | බෙල් අගය | ඩෙසිබෙල් අගය | සංඛ්‍යාව | බෙල් අගය | ඩෙසිබෙල් අගය |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 6 | 0.78 | 7.8 |
| 2 | 0.30 | 3 | 7 | 0.85 | 8.5 |
| 3 | 0.48 | 4.8 | 8 | 0.90 | 9 |
| 4 | 0.60 | 6 | 9 | 0.95 | 9.5 |
| 5 | 0.7 | 7 | 10 | 1.00 | 10 |

ඉහත වගුව අනුව 2 හි ඩෙසිබෙල් අගය 3 වේ. මේ නිසා තමයි, සංඥාවක් දෙගුණයකින් වැඩිවන විට එය ඩෙසිබෙල් 3 කින් වැඩි වෙනවා කියාද, සංඥාවක් දෙගුණයකින් අඩුවන විට හෙවත් සංඥාව හරි අඩකින් අඩුවන විට, එය ඩෙසිබෙල් 3 කින් අඩු වෙනවා කියා කියන්නේ. මෙම ඩෙසිබෙල් 3 අගය ෆිල්ටර් හා වෙනත් බොහෝ තැන්වල මතු වේ.

සාමාන්‍යයෙන් බෙල්/ඩෙසිබෙල් ගණනය කිරීමේ සූත්‍රයේ ඇති භාග සංඛ්‍යාවේ හරයට හා ලවයට විවිධ අගයන් අදේශ කළ හැකියි (එනම්, හරය හා ලවය යන දෙකම විචල්‍ය වේ). එහෙත් සමහර අවස්ථා තිබෙනවා හරයට විවිධ අගයන් ආදේශ නොකර ඊට නිශ්චිත ස්ථිර අගයක් ලියා දක්වන. මෙම නිශ්චිත අගය "දර්ශීය අගය" (reference value) ලෙස හැඳින්වෙනවා. ලවය තිබෙන්නේ විවිධ අගයන් දැමිය හැකි විචල්‍යයක් ලෙසයි. මෙවැනි අවස්ථාවක් සාමාන්‍ය අනුපාතයක් ලෙසම ගණන් ගත නොහැකියි. එවිට, එම අනුපාතය තේරුම්ගත යුත්තේ "හරයේ අගය මෙන් කී ගුණයක් ලවයේ තිබෙනවාද" යනුවෙනුයි. එවිට, මෙවැනි අනුපාතයක් නිකංම dB යනුවෙන් නොදක්වා දර්ශීය අගය හැඟවීමට යම් ඉංග්‍රිසි අකුරක් හෝ අකුරු කිහිපයක් dB ට පසුව යොදනවා. dBV, dBuV, dBmV, dBm, dBJ, dBi, dBW ආදී ලෙස මෙවැනි ඒකක රාශියක්ම පවතී. උදාහරණයක් ලෙස, dBW යනු හරයේ වොට් 1 ද ලවයේ තවත් විචලනය වන වොට් ගණනක් පවතින ලෙසට ගත් ඩෙසිබෙල්ය. එනම්,

$$dBW = 10\log_{10}\frac{(wattage\,W)}{(1\,W)}$$ වේ.

එලෙසම, dBm යනු හරයේ දර්ශීය අගය මිලිවොට් 1 ක් ඇති විටයි. එනම්,

$$dBm = 10\log_{10}\frac{(wattage\,mW)}{(1\,mW)}$$ වේ.

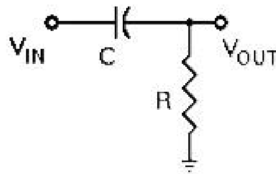
මෙලෙසම,

$$dBV = 10\log_{10}\frac{(voltage\,V)}{(1\,V)}$$

$$dBmV = 10\log_{10}\frac{(voltage\,mV)}{(1\,mV)}; 75\,ohm$$ ක රෙසිස්ටරයක් හරහා

ප්‍රායෝගිකව පරිපථ නිර්මාණය කරන විට හා ඒවා විශ්ලේෂණය කරන විට, විවිධ ඩෙසිබෙල් අනුපාත ගැන හොඳ දැනුමක් ඔබට ලැබේවි.

මේ අනුව ඉහත විභව බෙදුමක් ලෙස පෙනුන පරිපථය හයිපාස් ෆිල්ටරයක් ලෙස ක්‍රියා කරනවා නේද? දැන් බලමු ඔබට අවශ්‍ය කරන සංඛ්‍යාතයට අනුව හයිපාස් ෆිල්ටර් සර්කිට් එකක් සාදන විදිය. පරිපථයේ තිබෙන්නේ ධාරිත්‍රකයක් හා ප්‍රතිරෝධකයක් පමණි. එය ඉහත රූපයේ ආකාරයට සම්බන්ධ කෙරේ. එහෙත් බොහෝ අවස්ථාවල අප එම ෆිල්ටර් සර්කිට් එකම පහත රූපයේ ආකාරයට අඳිනවා. ඉහත රූපය හා පහත රූපය විදුලිමය වශයෙන් සැලකූ විට එක සමානයි. එහෙත් ඉහත විදියට එය ඇන්ද විට, එය විභව බෙදුමක් ලෙස එකවරම ඇසට පෙනේ; පහත රූපයේ ආකාරයට එය ඇන්ද විට ෆිල්ටර් එකක් ලෙස එකවරම ඇසට පෙනෙනවා.




දැන් ඔබ තීරණය කළ යුතුයි ෆිල්ටර් කළ යුතු කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය. එම සංඛ්‍යාතය අගය මත තමයි උපාංග අගයන් තීරණය කරන්නේ. එම සංඛ්‍යාතය පොදුවේ $f_c$ ලෙස සටහන් කරමු. මෙම කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිබාධක අගයට ප්‍රතිරෝධකයේ අගය සමාන විය යුතුයි. ඉතිං, මෙම සංඛ්‍යාතය X = 1/( 2πfC) යන සූත්‍රයට යොදන්න. එවිට C = 1/ X ( 2π$f_c$) වේ. දැන්, යම් X අගයක් (ඕම් වලින්) මෙම සූත්‍රයට ආදේශ කළ විට, ඔබ යෙදිය යුතු කැප් එකේ අගය ලැබෙනවා. ඔබ ලබා දිය යුතු X අගය කුමක්ද?

X අගය තීරණය වන්නේ මෙම ෆිල්ටර් පරිපථය සම්බන්ධ වන අනෙක් පරිපථ කොටස් මතය. සර්කිට් ලෝඩිං සිදු නොවන අයුරින් තමයි X අගය තීරණය කරන්නේ (සර්කිට් ලෝඩිං ගැන මීට පෙර සාකච්ඡා කර තිබේ). ෆිල්ටර් එකක් වෙනත් සුදුසු පරිපථයකට සම්බන්ධ නොකරන්නේ නම් එම ෆිල්ටරයකින් වැඩක් නැහැනෙ. ඉතිං මෙම ෆිල්ටරයට සංඥාව ලබා දෙන මයික් එක හෝ වෙනත් පරිපථ කොටසක් (ඉන්පුට් සෙක්ෂන් - input section) මෙන්ම, මෙම ෆිල්ටර් එකෙන් පසුව එම ෆිල්ටර් කරපු සංඥා ලබා ගන්නා වර්ධකය වැනි තවත් පරිපථ කොටසක් (අවුට්පුට් සෙක්ෂන් - output section) තිබෙනවා. සර්කිට් ලෝඩිං සිදු නොවීමට නම්, ඉන්පුට් සෙක්ෂන් එකේ ප්‍රතිරෝධය මෙන් දස ගුණයක ප්‍රතිරෝධයක් අවම වශයෙන් මෙම ෆිල්ටර් එක සතුව තිබිය යුතුයි. එලෙසම, අවුට්පුට් සෙක්ෂන් එකෙහි ප්‍රතිරෝධයෙන් අවම වශයෙන් දහයෙන් එකක අගයක ෆිල්ටර් එකේ රෙසිස්ටන්ස් එක පැවතිය යුතුයි (එය තවත් ආකාරයකින් කියතොත්, ෆිල්ටර් එකේ ප්‍රතිරෝධය මෙන 10 ගුණයක ප්‍රතිරෝධයක් අවුට්පුට් සෙක්ෂන් එකේ තිබිය යුතුය). උදාහරණයක් ලෙස ඉන්පුට් සෙක්ෂන් එකේ ප්‍රතිරෝධය ඕම් 100 නම් හා අවුට්පුට් සෙක්ෂන් එකේ ප්‍රතිරෝධය කිලෝඕම් 100 නම්, ෆිල්ටර් එකේ ප්‍රතිරෝධය (100 ohm x 10 හෙවත්) කිලෝඕම් 1 සිට (100k/10 හෙවත්) කිලෝඕම් 10 දක්වා පරාසය තුළ පැවතිය යුතුයි.

ඉහත පරාසය තුල පවතින යම් ඕම් අගයක් ගමු. එය කිලෝඕම් 4 ලෙස ගත්තා යැයි සිතමු. ඒ කියන්නේ ෆිල්ටර් එකේ මුලු ඕම් ගණන කිලෝඕම් 4 විය යුතුයි. ඒ කියන්නේ ඉහත X අගයට දැමිය යුතු අගය කිලෝඕම් 4 ද? නැත. එම කිලෝඕම් 4 යනු ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිබාධකය හා ප්‍රතිරෝධකය යන දෙකෙහිම ශ්‍රේණිගත සමක අගයයි. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී ප්‍රතිබාධකය හා ප්‍රතිරෝධකය සමාන වේ. ඒ කියන්නේ ඉහත කිලෝඕම් 4 දෙකට බෙදිය යුතුයි. එසේ ලැබෙන කිලෝඕම් 2 තමයි X ට ආදේශ කළ යුත්තේ.

ඉහත ගණනය කරන ක්‍රියාවලිය උදාහරණයක් ආශ්‍රයෙන් පියවරින් පියවර පහත ආකාරයට දක්වන්නම්. ඉහත හයිපාස් ෆිල්ටර් සර්කිට් එකේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය කිලෝහර්ට්ස් 1 යැයි සිතමු. එම ෆිල්ටර් පරිපථයට සම්බන්ධ කර තිබෙන ඉන්පුට් සෙක්ෂන් එකේ ප්‍රතිරෝධය ඕම් 100 ද, අවුට්පුට් සෙක්ෂන් එක කිලෝඕම් 100 යැයිද සිතමු. දැන් එම පරිපථයට යෙදිය යුතු ධාරිත්‍රකයේ හා ප්‍රතිරෝධකයේ අගයන් සොයමු.

1. ෆිල්ටර් එකේ මුලු ඕම් ගණන ''ඉන්පුට් සෙක්ෂන් ප්‍රතිරෝධය'' මෙන් දස ගුණයක් හෙවත් ඕම් 1000 සහ ''අවුට්පුට් සෙක්ෂන් ප්‍රතිරෝධය'' මෙන් දහයෙන් එක් ගුණයක් හෙවත් කිලෝඕම් 10 අතර පැවතිය

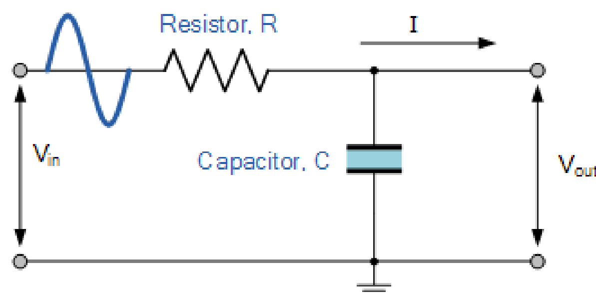
යුතුය.

2. ඉහත 1k-10k යන රෙසිස්ටන්ස් රේන්ජ් එකෙන් කිලෝඕම් 4 ක අගය තෝරාගමු.

3. මෙම අගයෙන් හරි අඩක් හෙවත් කිලෝඕම් 2 ක අගයක් සහිත ප්‍රතිරෝධකයක් තමයි එම පරිපථයට යෙදිය යුත්තේ. (තවද, ප්‍රතිබාධකයේ අගයද කිලෝඕම් 2 වේ).

4. X = 1/( 2πfC) යන සූත්‍රයට, සංඛ්‍යාතයේ හා ප්‍රතිබාධකයේ අගයන් ආදේශ කර C සොයා ගන්න. එවිට,
C = 1/(2000)x(2)x(3.1416)x(1000) = 0.8uF වේ.

දැන් ඔබ ෆිල්ටර් එකේ ධාරිත්‍රකයේ හා ප්‍රතිරෝධකයේ අගයන් දෙක සොයා ගත්තා. පියවරින් පියවර ඔබ ඉගෙන ගත්තා ඉතාමත්ම නිවැරදිව HPF එකක් සාදන අයුරු. ෆිල්ටර් ගැන තවත් විස්තර කිහිපයක් දැනගත යුතු වේ. LPF සමග ඒවා ඉගෙන ගමු. දැන් අපි බලමු ලෝ පාස් ෆිල්ටර් එකක් සාදන විදිය. මෙහිදී කරන්නේ ඉහත ෆිල්ටර් එකේ උපාංග දෙක මාරු කර තැබීමයි. පහසුවෙන්ම ඔබට දැන් වැටහෙනවා ඇති මෙයත් ඔබ පෙර උගත් තවත් විභව බෙදුම් පරිපථයක් බව.



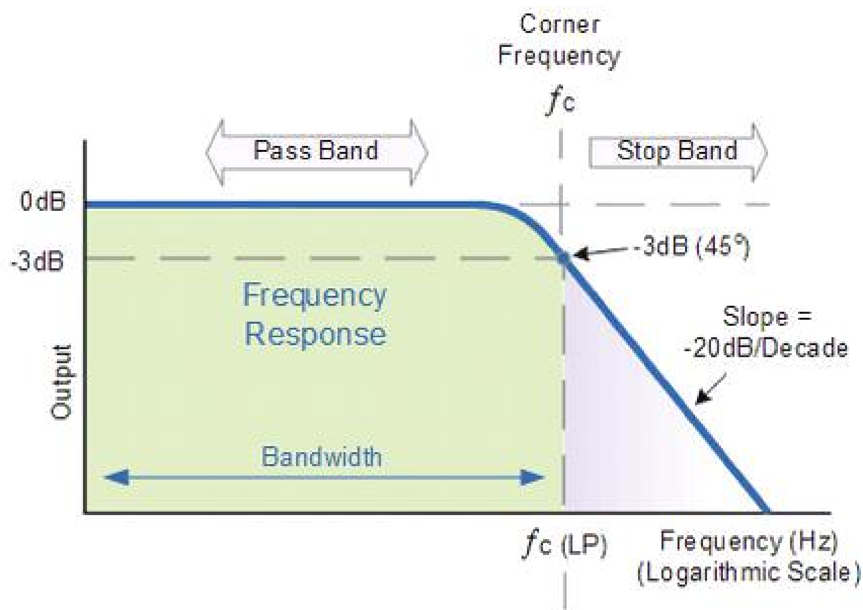

මෙම පරිපථයද ඉහත HPF විග්‍රහ කළ අයුරින්ම සිදු කර බලන්න. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය ඔබ තීරණය කරන්න. අනෙක් අගයන්ද ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි තර්ක කර ලබා ගන්න. උදාහරණයක් බලමු. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය කිලෝහර්ට්ස් 1 නම්, ඉන්පුට් සෙක්ෂන් එක ඕම් 10 නම් හා අවුට්පුට් සෙක්ෂන් එක කිලෝඕම් 10 නම්, ධාරිත්‍රකයේ හා ප්‍රතිරෝධකයේ අගය සොයන්න. පියවරින් පියවර එය කරමු.

1. ෆිල්ටර් එකේ මුලු/සමක ඕම් ගණන ඕම් 100 ත් ඕම් 1000 ත් අතර විය යුතුය. මෙම පරාසයෙන් ඕම් 800 තෝරාගමු.

2. එවිට, ඉන් හරි අඩක් වන ඕම් 400 ක අගයක් තමයි ප්‍රතිරෝධයට තිබිය යුත්තේ.

3. X = 1/( 2πfC) සූත්‍රය අනුව, ධාරිත්‍රකයේ අගය වන්නේ,
C = 1/( 2πfX) = 1/(2 x 3.1416 x 1000 x 400) = 4uF වේ.

ඉහත ගණනය කළ උදාහරණයේ LPF එකේ ප්‍රස්ථාරය පහත දැක්වේ. සංඛ්‍යාතයට සාපේක්ෂව ප්‍රතිදානයේ (output) විචලනය පෙන්වන මෙවැනි ප්‍රස්ථාරයක් frequency response curve හෝ bode plot ලෙස හැඳින්වෙනවා. බෝඩ් ප්ලොට් එකකදී x අක්ෂයේ හැමවිටම සංඛ්‍යාතය ලඝු පරිමාණයෙන්ද, y අක්ෂය හැමවිටම ඩෙසිබල්වලින්ද (එනම්, එයත් ලඝු පරිමාණයෙන්) දැක්වෙනවා.




HPF ගැන විස්තරයේදී කියූ කරුණක් ඉහත රූපයෙන් තවදුරටත් පැහැදිලි වේ. එනම්, කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයට ($f_C$) එක් පසකින් තිබෙන්නේ ෆිල්ටර් නොවන පාස්බෑන්ඩ් එකයි. එය තිරස් රේඛාවකින් දැක්වේ. සත්‍ය ලෙසම මෙම රේඛාව තිරස්ව නොපිහිටයි. එහෙත් සම්මතයක් ලෙස මෙම කොටසේ කිසිදු ෆිල්ටර් වීමක් සිදු නොවන බවට අප සිතා ගන්නවා. කිසිදු ෆිල්ටර් වීමක් සිදු නොවන නිසා, එම සංඛ්‍යාත පරාසයේ සංඥා ඇටෙනුවේට් නොවේ යැයිද උපකල්පනය කෙරෙනවා (එහෙත් සත්‍ය ලෙස කුඩා ඇටෙනුවේෂන් එකක් එම පරාසය තුළද සිදුවනවා විතරක් නොවේ සංඛ්‍යාතය අනුව එම ඇටෙනුවේෂන් ප්‍රමාණයද විචලනය වන බව මතක තබා ගන්න). කිසිදු ඇටෙනුවේෂන් එකක් නැති බව 0dB ලෙස දැක්වේ. 0dB යනු සංඥාවේ ජවය වර්ධනයක් හෝ හායනයක් (attenuation) සිදු නොවී තිබූ මට්ටමින්ම පවතිනවා යනුයි.

කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයෙන් අනෙක් පස කොටස බෑවුමක් සහිතව පෙන්වයි. මෙම බෑවුම roll-off ලෙස හැඳින් වෙනවා. මෙම රෝල්-ඕෆ් එක (හෙවත් බෑවුම) වැඩි වන තරමට ෆිල්ටරය හොඳය. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී ඉන්පුට් සංඥාවේ ජවයෙන් හරි අඩක් පමණයි අවුට්පුට් ජවය ලෙස පවතින්නේ (එලෙසනේ මුලින් අප ෆිල්ටර් වීම අර්ථ දැක්වූවෙත්). ඒ කියන්නේ සංඥාවෙන් අඩක් හායනය වී පවතී. ජවයෙන් අඩක් අඩුවීම -3dB ලෙස දැක්වෙනවා (ඩෙසිබල් අංකන ක්‍රමයෙන්).

මෙම බෑවුම එකපාරටම සිරස්ව පිහිටිය හැකි නම්, එය තමයි ලෝකයේ තිබිය හැකි ඉස්තරම්ම ෆිල්ටරය. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව එවැනි ෆිල්ටර් සෑදිය නොහැකියි. යම් සංඛ්‍යාත පරාසයක් පුරාවට ක්‍රමයෙන් බෑවුම් වන ලෙසයි සෑම ෆිල්ටරයක්ම තිබෙන්නේ. එහෙත් බෑවුම (slope) වැඩි කළ හැකියි. මෙම බෑවුමේ අගය මනින හා දක්වන ක්‍රමයක් ඇත. එය "ඩිකේඩ් එකකට ඩෙසිබල්" (decibels per decade – dB/decade) හෝ "ඔක්ටේව් එකකට ඩෙසිබල්" (decibels per octave – dB/octave) යන ක්‍රම දෙකෙන් එකකින් දැක්වේ.

## ඩිකේඩ් හා ඔක්ටේව්

ඩිකේඩ් එකක් යනු, යම් සංඛ්‍යාතයක් ගත් විට, එම සංඛ්‍යාතයත් එම සංඛ්‍යාතයේ දසගුණය පෙන්වන

සංඛ්‍යාතයත් අතර සංඛ්‍යාත පරාසයයි. උදාහරණයක් ලෙස, හර්ට්ස් 200 සංඛ්‍යාතය ගමු. එවිට එම හර්ට්ස් 200 ට අදාල ඩිකේඩ් එක වනුයේ හර්ට්ස් 200 සිට හර්ට්ස් 2000 දක්වා මුලු සංඛ්‍යාත පරාසයයි. එලෙසම හර්ට්ස් 4 ට අදාල ඩිකේඩ් එක වනුයේ 4-40Hz සංඛ්‍යාත පරාසයයි. ඉදිරියට (අගය වැඩිවන පැත්තට) පමණක් නොව, පසුපසට (අගය අඩුවන පැත්තටත්) මෙය සැලකිය හැකියි. එනම්, හර්ට්ස් 1000 ඉදිරියට සැලකුවොත් හර්ට්ස් 1000 ත් 10,000 ත් අතර පරාසය ඩිකේඩ් එකක් වන්නා සේම, පසුපසට සැලකුවොත් හර්ට්ස් 100 ත් 1000 ත් අතර පරාසයද ඩිකේඩ් එකකි.

එලෙසම ඔක්ටේව් එකක් යනු සලකනු ලබන යම් සංඛ්‍යාතයකුත් එහි දෙගුණයක සංඛ්‍යාතයත් අතර පවතින මුලු සංඛ්‍යාත පරාසයයි. උදාහරණයක් ලෙස හර්ට්ස් 200 ගමු. ඊට අදාල ඔක්ටේව් එක වනුයේ හර්ට්ස් 200 සිට හර්ට්ස් 400 දක්වා සංඛ්‍යාත පරාසයයි. එලෙසම හර්ට්ස් 4 ට අදාල ඔක්ටේව් එක වනුයේ හර්ට්ස් 4 සිට හර්ට්ස් 8 දක්වා සංඛ්‍යාත පරාසයයි. ඉදිරියට මෙන්ම පසුපසටද ඔක්ටේව් සැලකිය හැකියි. ඒ අනුව, හර්ට්ස් 1000 හි ඉදිරියට තිබෙන ඔක්ටේව් එක 1000-2000 වන අතර, පසුපසට තිබෙන ඔක්ටේව් එක 500-1000 වේ.

**සටහන**

විද්‍යාව/ගණිතය ගැන අවබෝධයක් තිබෙන අය දන්නවා dec යන උපසර්ගයේ තේරුම "දස" යන්න බව. ඒ අනුව decade යන්නෙහි සාමාන්‍ය ඉංග්‍රිසි තේරුම වසර 10 හෙවත් දශකය යන්නයි. ඉතිං ඉහත ඩිකේඩ් යන්න පහසුවෙන් නමින්ම කියවෙන පරිදි තේරුම් ගත හැකියි. එහෙත් ප්‍රශ්නය තිබෙන්නේ ඔක්ටේව් එක සමගයි. oct යන උපසර්ගයේ තේරුම "අට" යන්නයි. ඉතිං ඉහතදී ඔක්ටේව් එකේ අට ගුණය වෙනුවට දෙගුණයක් යන තේරුම ලැබුණේ කෙලෙසද? මීට සරල පිළිතුරක් තිබෙන්නේ.

ඔක්ටේව් යන්න වැඩිපුරම භාවිතා වූයේ සංගීත විෂයෙහිය. ඔබ දන්නවා සංගීතයේ මූලික ස්වර 7 ක් තිබෙන බව. ඉංදියානු ක්‍රමය අනුව එම ස්වර සප්තකය ස, රි, ග, ම, ප, ධ, නි ලෙසද බටහිර ක්‍රමය අනුව එම ස්වර සප්තකයම C, D, E, F, G, A, B ලෙස දැක්වෙනවා (ඉංදියානු ස ස්වරය ඉංග්‍රිසි C ස්වරයට සමානය). මේ සෑම ස්වරයක් සඳහාම නිශ්චිත සංඛ්‍යාතයක් තිබෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස C (middle C හෙවත් C4) සඳහා හිමි සංඛ්‍යාතය වන්නේ 261Hz වේ. ස්වර ඉදිරියට යන විට සංඛ්‍යාතය ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙනවා. ඒ අනුව A (middle A හෙවත් A4) ස්වරයේ සංඛ්‍යාතය 440Hz වේ. අදාල ස්වර සප්තකයේ අවසාන ස්වරයට ගිය පසු නැවතත් හමුවන්නේද C ස්වරයයි. එහෙත් මෙය මීට පෙර හමු වූ C නොවේ. මෙම අලුත් C යනු පරණ C එකේ සංඛ්‍යාතය මෙන් දෙගුණයයි. එය C5 ලෙස හැඳින්වේ (මොකද මීට පෙර තිබූ C ස්වරය C4 නිසා). ඒ කියන්නේ C වලින් පටන්ගෙන ස්වර 7 ම කියා ඊළඟට හමුවන අටවැනි ස්වරය වන්නේ සංඛ්‍යාතය දෙගුණ වී ඇති C ස්වරයයි. එතැන් සිට නැවතත් සුපුරුදු ස්වර පෙළ (සරිගමපදනි ලෙස) පවතී අලුත් ස්වර සප්තකයක් ලෙස (එහෙත් මේ සියලු ස්වර C5, D5, E5 ආදී ලෙස පහේ ඉලක්කම සහිතව දැක්වේ). එහෙත් මෙම අලුත් ස්වර සප්තකය මීට පෙර තිබූ ස්වරවල සංඛ්‍යාතයන්ගේ දෙගුණය වේ. ඒ කියන්නේ පෙර හමුවූ A ස්වරයේ සංඛ්‍යාතය 440Hz වන අතර, ඉන්පසු හමුවන ස්වර සප්තකයේ A ස්වරය 880Hz වේ. ස (C) ස්වරයෙන් පටන් ගෙන ඊළඟට හමුවන ස ස්වරය දක්වා ඇති ස්වර 8 ස්වර අෂ්ඨකය (octave) ලෙස හැඳින්වෙනවා. මෙලෙසම C5 සවර සප්තකයේ අවසානයේ නැවත හමු වෙනවා C ස්වරයක්. එය C6 වේ. ඒ කියන්නේ C6 හි සංඛ්‍යාතය C5 හි සංඛ්‍යාතය මෙන් දෙගුණයකි. ඉදිරිට මෙන්ම පසුපසටද ස්පර අෂ්ඨක පවතී. ඒ කියන්නේ C4 සිට ආපස්සට ස්වර 8 ක් යෑමේදී හමුවන්නේ නැවතත් C ස්වරයයි; එහෙත් මෙම C ස්වරය C3 ලෙස හැඳින්වේ. ඊට හේතුව C4 ස්වරයේ සංඛ්‍යාතයෙන් හරි අඩක් තමයි C3 ස්වරයේ සංඛ්‍යාතය වන්නේ. (සාමාන්‍යයෙන් වැඩිපුර සංගීතයේදී යොදාගන්නේ 4 ඉලක්කම සහිත ස්වර සප්තයකයයි. එනිසයි එම

සප්තකයට සාපේක්ෂව අනෙක් 1, 2, 3, 5, 6 ආදී ස්වර ගැන කතා කරන්නේ.) මේ ආදී ලෙස 1, 2, 3, 4, 5, 6 ආදී ලෙස ස්වර සප්තක කිහිපයක්ම පවතී. මේ සෑම සප්තයකයක්ම මීට පෙර සප්තකයේ ස්වරවල සංඛ්‍යාතය මෙන් දෙගුණයකි. මේ අනුව පැහැදිලිව පේනවා සංගීතයේදී ඔක්ටේව් එක යම් සංඛ්‍යාතයක දෙගුණය හඟවන බව. ඔක්ටේව් යන්නට "දෙගුණය" යන තේරුම ලැබී ඇත්තේ ස්වර 8 කට පසුව සංඛ්‍යාතය දෙගුණ වීම නිසාය. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලටත් ලැබී ඇත්තේ මෙම සංගීත ක්ෂේත්‍රයේ පැවති ව්‍යවහාරයයි.

දැන් අපි නැවත බලමු ෆිල්ටර් එකක බෑවුම ගැන. ඉහත රූපයේ දැක්වෙනවා බෑවුම -20dB/decade බව. ඒ කියන්නේ යම් සංඛ්‍යාතයක් ගෙන, එම සංඛ්‍යාතයේ සිට එහි දසගුණය හඟවන සංඛ්‍යාතය දක්වා පරාසය හෙවත් සංඛ්‍යාත ඩිකේඩ් එකක් තුළ ඩෙසිබල් 20 කින් සංඥාව (සංඥාවේ වෝල්ටියතාව) දුර්වල/හායනය කරන බව (අටෙනුවේෂන්). එනම්, සෑම ඩිකේඩ් එකකදීම ඩෙසිබල් 20 ක වෝල්ටියතා හායනයක් සිදු වේ. එහි ඍණ ලකුණ නොතිබුණා නම්, ඉන් කියන්නේ සංඛ්‍යාත ඩිකේඩ් එකක් තුළ ඩෙසිබල් 20 කින් සංඥාවේ වෝල්ටියතාව වර්ධනය වන බව (ඇම්ප්ලිෆිකේෂන්). ඇත්තටම මෙම හායන ප්‍රමාණය ඕනෑම RC filter එකක පවතී. එය හයිපාස්ද ලෝපාස්ද යන්න වැදගත් නැහැ. 20dB/decade වෝල්ටියතා හායනය එක් කැප් එකක් හා එක් රෙසිස්ටරයක් සහිත ඕනෑම RC filter එකකට ආවේණික වේ. හොඳින් මතක තබා ගන්න මෙහිදී සලකා බැලුවේ ජවය නොව වෝල්ටියතාවයි.

ඉහත ෆිල්ටරයේ බෑවුම දැක්වූයේ ඩිකේඩ් එකක් අනුසාරයෙනි. එයම ඔක්ටේව් යොදාගෙනද දැක්විය හැකියි. ඒ අනුව ඉහත ෆිල්ටරයේ බෑවුම -6dB/octave වේ. ඒ කියන්නේ යම් සංඛ්‍යාතයක් ගත් විට, එම සංඛ්‍යාතයත් එහි දෙගුණය හඟවන සංඛ්‍යාතයත් අතර සංඛ්‍යාත පරාසය තුළ සංඥාව (සංඥාවේ වෝල්ටියතාව) ඩෙසිබල් 6 කින් හායනය වේ. සාමාන්‍යයෙන් ෆිල්ටර්වලදී අප ජවය වෙනුවට භාවිතා කරන්නේ වෝල්ටියතාවයි (එහෙත් මෙම වෝල්ටියතා බෙල් අනුපාතය ජවය මත පදනම් කරගෙන ඇති බෙල් සූත්‍රය ඇසුරින් ගොඩනඟා ඇති බවද සිහිතබා ගන්න).

ඔබ දැනටමත් දන්නවා ඩෙසිබල් තුනක් යනු ජවයේ දෙගුණයක් බව (එහෙත් මෙහි ඍණ ඩෙසිබල් 3 බැවින්, එය ½ හෙවත් පවතින සංඥාවෙ ජවයෙන් අඩක් වේ). ඒ කියන්නේ සංඛ්‍යාතය දෙගුණ වන සෑම අවස්ථාවකදීම සංඥා ජවයේ ප්‍රබලතාව අඩක් බවට පත් වේ. ජවයට එසේ වුවද, වෝල්ටියතාව සලකන විට, ඩෙසිබල් 3 වෙනුවට 6 ලෙස සැලකීමට සිදු වෙනවා. (ඊට හේතුව ඔබ දැන් දන්නවා; ඩෙසිබල් ගණනය කරන සූත්‍රයේ 10 වෙනුවට 20 තිබුණා මතකද? ඒ කියන්නේ ජවය සම්බන්ධයෙන් කියන අගයන්ගේ දෙගුණය ගත යුතුයි වෝල්ටියතා ගැන කතා කරනකොට.) ඒ අනුව, වෝල්ටියතාවේ ඍණ ඩෙසිබල් 6 ක් යනුද ජවය අඩකින් අඩු වෙනවා යන තේරුමමයි.

ඔබට ඉතාම පහසුවෙන්ම dB/decade හා dB/octave වලින් එකක් දී ඇති විට අනෙක ගණනය කළ හැකියි. ඒ සඳහා පහත සම්බන්ධතාව මතක තබා ගන්න.

1dB/decade = 3.2dB/octave

ඒ අනුව, 6dB/octave අනෙක් ඒකකයට හරවන්න.

6dB/octave → (3.2 x 6) dB/decade = 20dB/decade (දළ වශයෙන්)

ඒ ඒ පරිපථයේ ස්වභාවය අනුව හෝ විශ්ලේෂණය කිරීමේ පහසුව/සම්ප්‍රදාය අනුව සමහර අවස්ථාවල අප වෝල්ටියතාවද තවත් අවස්ථාවල ජවයද භාවිතා කරනවා ඩෙසිබල් සමග. බැලූ බැල්මට මේ දෙක

එකට යොදා ගැනීම පැටලිලි සහගත විය හැකියි. එහෙත් ඉහත රූපයේදී මෙන්ම බොහෝ පොතපතේ හා විස්තර කිරීම් තුළ මේ දෙවර්ගයම එකට භාවිතා කෙරෙනවා. බලන්න නැවත ඉහත රූපය. එහි හායනය පෙන්වන බෑවුම දක්වා ඇත්තේ වෝල්ටියතාව යොදාගෙනයි (-20dB/decade හෝ -6dB/octave). එහෙත් එම රූපයේම Y අක්ෂයේ දක්වා ඇති ඩෙසිබල් අගයන් දක්වා ඇත්තේ ජවය යොදාගෙනයි. ඔබ මේ දෙක වෙන වෙනම හඳුනාගැනීමට සමත් විය යුතුයි. සාමාන්‍යයෙන් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී -3dB හායනයක් සිදු වේය යන්න කොතරම් ගැඹුරට "ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් කාරයන්ගේ" සිත්වල පැලපැදියම් වෙලා තියෙනවාද කියතොත්, වෝල්ටියතා සමග කටයුතු කරන අවස්ථාවල -6dB ලෙස ලිවීම වඩා හිතකර හා නිරවුල් වුවත්, පුරුද්දට මෙන් -3dB ලෙස ලියනවා. එවැනි අවස්ථා තේරුම් ගැනීමට මෙතැන් සිට ඔබට හැකියි.

ඉහත විස්තරවලදී පුන පුනා කියපු දෙයක් තමයි කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය යනු ප්‍රතිරෝධකයේ අගය හා කැප් එකේ ප්‍රතිභාදක අගය සමාන වන අවස්ථාව බව. එවිට ඉන්පුට් වෝල්ටියතාව හරියටම දෙකට බෙදී කැප් එක හා රෙසිස්ටරය දෙපස ඩ්‍රොප් වෙනවා යනුවෙන් එහිදී පැවසුවා. ඒ කියන්නේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී අවුට්පුට් වන්නේ ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් හරි අඩක්ද? (උපාංග දෙක වෙන් වෙන්ව සලකන විට එලෙස සිතෙනවා නේද?) ජවය අනිවාර්යෙන්ම අඩකින් අඩු වෙනවා. ඒ අනුව, ජවය පදනම් කරගෙන ඩෙසිබල් වලින් එය -3dB ලෙස හෝ වෝල්ටියතාව පදනම් කරගෙන එයම -6dB ලෙස සඳහන් කළා ඔබට මතක ඇති. එහෙත් තවත් සැඟවුණු කරුණක් මෙහි තිබෙනවා. එනම්, කැප් එකේ දෙපස ඩ්‍රොප්වන වෝල්ටියතාව හා රෙසිස්ටරය දෙපස ඩ්‍රොප්වන වෝල්ටියතාව විෂම කලාවේ පවතින්නේ. එවිට, ඉහත පරිපථය නිවැරදිව හා පහසුවෙන් නිර්මාණය කිරීම පිණිස R හා C හරහා ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් අඩක් බැගින් පිහිටනවා යැයි කිව්වත්, අර කලාවේ බලපෑම නිසා සත්‍ය ලෙසම එම වෝල්ටියතාවන් වෙනස් වේ. සත්‍ය ලෙසම වෙන වෙනම එම උපාංග දෙක දෙපස පිහිටන වෝල්ටියතාවන් පවා ගණනය කළ හැකියි. ඒ සඳහා සරල අංකගණිත ආකලනය වෙනුවට දෛශික (පෛතගරස්) ආකලනය යොදාගත යුතුය. සරල අංකගණිත ආකලනය අනුව, ඉහත LPF එකේ අවුට්පුට් වෝල්ටියතාව සෙවීමට,

$$V_I \frac{X_C}{R+X_C}$$ යන සූත්‍රය යෙදේ.

ඉහත සූත්‍රය අනුව නම්, කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී අවුට්පුට් වන්නේ ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් හරි අඩක් නේද (Xc = R නිසා)? එහෙත් ඉහත විස්තර කළ පරිදි විෂම කලාවේ බලපෑම නිසා, සරල අංකගණිත ආකලනය වෙනුවට පහත දැක්වෙන දෛශික ආකලන සූත්‍රයයි යොදා ගැනීමට සිදු වන්නේ,

$$V_I \frac{X_C}{\sqrt{(X_C^2+R^2)}}$$ යන සූත්‍රයයි.

ඉහත සූත්‍රයේ හරයෙන් දැක්වෙන්නේ සම්භාදක අගයයි (Z). දැන් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී අවුට්පුට් වන්නේ ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් කොතරම් පංගුවක්දැයි සොයා බලන්න. උදාහරණයක් ලෙස, Xc=R=100 ohm ලෙස ගමු. මෙම අගයන් ඉහත සූත්‍රයට ආදේශ කළ විට, $0.707V_I$ ලෙස ලැබේ. ඒ කියන්නේ ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් 70%ක් අවුට්පුට් වෝල්ටියතාව ලෙස පිට කරනවා (50% නොවේ). නිතරම සිහිතබා ගන්න කලා වෙනස්කමක් පවතින විට සරල අංකගණිත එකතු කිරීම (ආකලනය) යොදන්න බැහැ. ඉහත සූත්‍රයට යොදන ඕම් ගණන වෙනස් වුවත්, $X_C$=R ලෙස පවතින තාක් හැමවිටම ලැබෙන අනුපාතය 0.707 තමයි. ෆිල්ටර් සර්කිට් යනු ඉතාම සරල RC සර්කිට්

එකකි. එහෙත් එහි ගණනය කිරීම්වලට ඩෙසිබල් යොදා ගැනීම නිසා හා, ඒවායේ පවතින කලා වෙනස්කම් නිසා ගණනය කිරීම් සම්බන්ධයෙන් යම් යම් පැටලිලි සහගත තත්වයන් මතු වෙනවා. එහෙත් ඒවා නිවැරදිව අවබෝධ කරගත් විට ඉතාම සරල බව හැඟේවි.

සමහර අවස්ථාවල හර්ට්ස් වලින් මනින සංඛ්‍යාතය (f) වෙනුවට, "තත්පරයට රේඩියන්" වලින් මනින සංඛ්‍යාතය (ω) යොදා ගන්නවා. මෙය "කෝණික සංඛ්‍යාතය" (angular frequency) හෝ "කෝණික ප්‍රවේගය" (angular velocity) ලෙසද හැඳින්විය හැකියි. සාමාන්‍ය සංඛ්‍යාතය හා කෝණික සංඛ්‍යාතය අතර පහත ආකාරයේ සරල සම්බන්ධතාවකුයි පවතින්නේ. මෙම සරල සම්බන්ධතාව යොදාගෙන ඔබට දැන් පහසුවෙන් එක් සංඛ්‍යාතයකින් පවතින අගයක් අනෙක් සංඛ්‍යාතයට හැරවිය හැකියි.

$\omega = 2\pi f$

මේ අනුව $X_C = 1/2\pi fC$ යන සූත්‍රයම $X_C = 1/\omega C$ යනුවෙන්ද ලිවිය හැකියි. තවද, කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය යනු කැප් එකේ ප්‍රතිභාධක අගය හා රෙසිස්ටරයේ ප්‍රතිරෝධ අගය සමාන වන තැනයි. ඒ අනුව, කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය අපට පහසුවෙන් පහත ආකාරයට සොයාගත හැකියි.

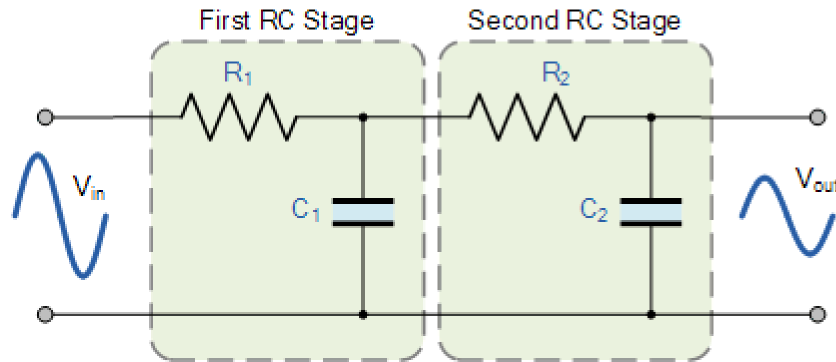
$R = X_C \rightarrow R = 1/2\pi f_C C \rightarrow f_C = 1/2\pi RC$

ඉහත සූත්‍රයම කෝණික සංඛ්‍යාතය යොදාගෙන $2\pi fC = 1/RC \rightarrow \underline{\omega = 1/RC}$ ලෙස ලිවිය හැකියි. විවිධ පොත්වල විවිධ ක්‍රමවලින් දක්වන නිසයි මා මෙවැනි සුලු සුලු කාරණා පවා මතු කරන්නේ. ඒ සියල්ල ගැන දැන සිටීමෙන් ඔබට රසවත්ව හා පහසුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් උගත හැකි වේවි බොහෝ පතපොත කියවමින්.

## high order filter

පෙර අවස්ථාවක සඳහන් කළා සරල RC සර්කිට් එකක් ෆිල්ටර් සර්කිට් එකක් ලෙස භාවිතා කරන විට, ඩිකේඩ් 1 කට ඩෙසිබල් 20 ක හායනයක් සිදුවන බව. ඇත්තටම එම ප්‍රකාශය වඩා පුලුල් වීම පිණිස මා කැමතියි එය තරමක් මෙසේ වෙනස් කරන්නට. කැපැසිටර් හා ඉන්ඩක්ටර් යනු ප්‍රතිභාධක අගයන් පෙන්විය හැකි උපාංග දෙකක් (තවම ඉන්ඩක්ටර් ගැන අප ඉගෙන ගෙන නැත). එවැනි ප්‍රතිභාධකයන් දැක්විය හැකි උපාංග reactive ලෙස හැඳින් වෙනවා. ඒ අනුව, කැප් හා ඉන්ඩක්ටර් රියැක්ටිව් උපාංග දෙකක් වුවත්, රෙසිස්ටරය රියැක්ටිව් නොවේ. යම් ෆිල්ටර් සර්කිට් එකක රියැක්ටිව් උපාංග (එනම්, කැප් හෝ ඉන්ඩක්ටර්) ඇත්තේ එකක් පමණක් නම්, එවැනි ෆිල්ටර් එකක හායනය -20dB/decade වේ. මේ අනුව මෙතෙක් අප සලකා බැලූ HPF හා LPF යන දෙකම -20dB/decade හායනයක් සහිත ෆිල්ටර් වේ. අප ඒ හැම අවස්ථාවකම භාවිතා කළේ එක කැප් එකක් පමණි. මෙවැනි එක් රියැක්ටිව් උපාංගයක් යොදාගෙන සාදනු ලබන ෆිල්ටර් first-order filter ($1^{st}$ order filter) හෝ single-pole filter ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඒ කියන්නේ, මෙවැනි රියැක්ටිව් උපාංග දෙකක් යොදාගෙන second-order filter ($2^{nd}$ order filter) හෙවත් two-pole filter ද සැදිය හැකියි. එවිට, ෆිල්ටර් එකේ හායනය තවත් වැඩි වේ (එනම්, ස්ලොප් එක/රෝල්-ඕෆ් එක වැඩි වේ). එනම්, හායනය දෙගුණ වේ (-40dB/decade). මෙලෙස ෆිල්ටර් කොටස් තව තවත් එකතු කර third-order, fourth-

order ආදී ෆිල්ටර් සෑදිය හැකියි. ඒ සෑම ෆිල්ටර් කොටසකම -20dB/decade හායනය බැගින් එකතු වේ. මෙලෙස ෆිල්ටර් කොටස් එකතු කළ හැකි ආකාර කිහිපයක් පැවතිය හැකියි. පහත දැක්වෙන්නේ එවැනි සරල සම්බන්ධතාවකි.




ඉහත කර තිබෙන්නේ පළමු ෆිල්ටර් කොටසේ අවුට්පුට් එක දෙවැනි ෆිල්ටර් කොටසට ඇතුලු කිරීම නේද? බැලූබැල්මට මෙවැනි කොටස් රාශියක් එකතු එකතු කර, ෆිල්ටර් එකේ බෑවුම වැඩි කරගෙන ඉස්තරම්ම ෆිල්ටර් එකක් සාදාගත හැකි යැයි සිතුනත්, මෙවැනි සරල ෆිල්ටර්වලට වඩා උසස් තත්වයේ ෆිල්ටර් වෙනත් ක්‍රමවලින් සාදාගත හැකියි. මෙවැනි ෆිල්ටර්වල හැමවිටම ඉන්පුට් සංඥාවට වඩා අවුට්පුට් සංඥාව කුඩාය; එනම්, වැලැක්විය නොහැකි අනිවාර්ය හායනයක් පවතී. මෙවැනි සරල RC (හා RL හා RCL) ෆිල්ටර් එමනිසා passive filter ලෙස හැඳින්වෙනවා (කිසිදු ඇක්ටිව් උපාංගයක් ෆිල්ටර් තුළ නැති නිසාද පැසිව් යන නම යෙදේ; ඇක්ටිව් හා පැසිව් උපාංග ගැන මොහොතකින් පැහැදිලි කෙරේ). සාමාන්‍යයෙන් ඉහත වැනි ෆස්ට් ඕර්ඩර් පැසිව් ෆිල්ටර් එහි ඇති සරලකම හා පහසුව නිසාම බහුලව භාවිතා වෙනවා. සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් පැසිව් ෆිල්ටර්ද භාවිතා වෙනවා. සර්කිට් ලෝඩිං වීම ෆිල්ටර් කොටස් කිහිපයක් එකතු කර සාදන පැසිව් ෆිල්ටර්වල ඇති ප්‍රධානතම ගැටලුවයි. එය වැලැක්විය හැකියි පසු ෆිල්ටර් කොටස්වල ප්‍රතිරෝධකය ඊට පෙර කොටසේ ප්‍රතිරෝධකය මෙන් අඩුම ගාණේ දසගුණයක් වැඩි අගයක් යෙදීමෙන්. (මෙය නේද සර්කිට් ලෝඩිං වැලැක්වීමට හැමවිටම යොදාගන්නා කෝකටත් තෛලය?) එනම්, $R_2 = 10R_1$, $C_2 = 10C_1$, $R_3 = 10R_2$, $C_3 = 10C_2$ ආදී ලෙස. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව එසේ ප්‍රතිරෝධ අගයන් දසගුණ කරමින් කොටස් ගණනාවක් එකතු කිරීමේ බාධා ඇත.

ට්‍රාන්සිස්ටර් හා අයිසී උපයෝගී කරගෙන සංඥාව වර්ධනය කරන ෆිල්ටර් නිපදවිය හැකියි. එවිට, ඉහත සර්කිට් ලෝඩිං ගැටලුව පහසුවෙන්ම අවම කළද හැකියි. ඒවා ගුණාත්මකබවින්ද ඉහළයි. මෙවැනි ෆිල්ටර් active filter ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඉහල ඕර්ඩර්වල (higher order) පැසිව් ෆිල්ටර්වලට වඩා ඇක්ටිව් ෆිල්ටර් කොලිටියෙන් වැඩිය.

ඉහත රූපයේ පෙනෙන සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් පැසිව් ෆිල්ටර් එක තරමක් විශ්ලේෂණය කරමු. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී පළමු RC කොටසින් අවුට්පුට් වන වෝල්ටියතාව වන්නේ ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් 70.7% කි. දැන් දෙවන කොටසේ ෆිල්ටර් එකද ඊට ලැබෙන වෝල්ටියතාවෙන් 70.7% ක් තමයි නැවත එලියට ලබා දෙන්නේ. එය මුල් ෆිල්ටර් කොටසට ලබා දුන් ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවට සාපේක්ෂව, 70.7% x 70.7% (හෙවත් 0.707 x 0.707 = 0.499) කි. එය සුලු කළ විට, 49.9% (ආසන්න අගයට ගත් විට, 50%) කි. මේ ආදී ලෙස ඔබට හැකියි තව තවත් ෆිල්ටර් කොටස් එකතු කරන විට, ඒ සියල්ලම විසින් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී ඉන්පුට් වෝල්ටියතාවෙන් කොපමණ ප්‍රතිශතයක් පිට කරනවාදැයි ගණනය කිරීමට. එය සූත්‍රයක් ලෙස $(0.707)^n$ ලෙස ලිවිය හැකියි (n යනු ෆිල්ටර් කොටස් ගණනයි). මේ

අනුව RC ෆිල්ටර් කොටස් 3 ක් සහිත ෆිල්ටරයකින් $(0.707)^3$ = 70.7% x 70.7% x 70.7% = 35% කි.

වෙනස් වෙනස් RC ෆිල්ටර් සර්කිට් දෙකක් හෝ කිහිපයක් ඉහත රූපයේ ආකාරයට සම්බන්ධ කළ හැකියි. එවිට, අප සිතන්නට පෙළඹෙන්නේ මෙසේය. පළමු ෆිල්ටර් කොටසේ ඇති R හා C වල අගයන් මත සුපුරුදු පරිදි කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය හා අනෙකුත් ෆිල්ටර් සාධක තීරණය වන බවත්, එසේ ෆිල්ටර් වෙච්ච සංඥාව තමයි දැන් දෙවැනි ෆිල්ටර් කොටසට ඇතුලු වෙන්නේ. දැන් මෙම දෙවැනි ෆිල්ටර් එක වෙනමම සලකා බලනවා. ඒ කියන්නේ දෙවැනි ෆිල්ටර් කොටසේ පවතින R හා C අගයන් මත කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය ආදිය නැවත තීරණය වෙනවා. මේ ආදි ලෙස ඉදිරියට ඇති අනෙක් ෆිල්ටර් කොටස් ගැනද වෙන වෙනම සිතනවා. මෙලෙස සිතීමෙන් කිසිම ප්‍රශ්නයක් නැහැ මේ සෑම ෆිල්ටර් කොටසකම පවතින කැප්වල අගයන් හා රෙසිස්ටර්වල අගයන් එක සමානයි නම්. එහෙත් සිතන්න පළමු ෆිල්ටර් කොටසේ R හා C අගයන්ට වඩා දෙවැනි ෆිල්ටර් කොටසේ R හා C අගයන් වෙනස් වූවොත් කුමක් සිදු වේවිද? (ඉහත සර්කිට් ලෝඩිං ප්‍රශ්නය නැති කිරීමට එසේ කරන්නට සිදු වෙනවානේ.) එවිට, පළමු කොටසින් යම් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයක් සහිතව ෆිල්ටර් වෙච්ච සංඥාව දෙවැනි කොටසට ඇතුලු වී එම දෙවැනි කොටසේදී වෙනත් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයක් සහිතව ෆිල්ටර් වේ. ඒ කියන්නේ R, C අගයන් වෙනස් වන විට, එක් එක් කොටසේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාත වෙනස් වේ. මේ ආදී ලෙස එක් එක් ෆිල්ටර් කොටසේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයන් වෙන වෙනම ගණනය කර, අවසානයේ මේ සියල්ලෙහිම "සමක කට්-ඕෆ්" අගය සෙවිය යුතුය. එම සමක කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය තමයි සමස්ථ ෆිල්ටරයේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය ලෙස සලකන්නේ. මෙලෙස එක එක කොටසින් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයන් වෙනස් වීම ගැන තක්සේරු කිරීම කරදරකාරී වේ. අපට පුලුවන් පහත දැක්වෙන සරල සූත්‍රයෙන් කොටස් දෙකකින් යුත් සම්පූර්ණ ෆිල්ටර් එකේම කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය සොයා ගන්නට.

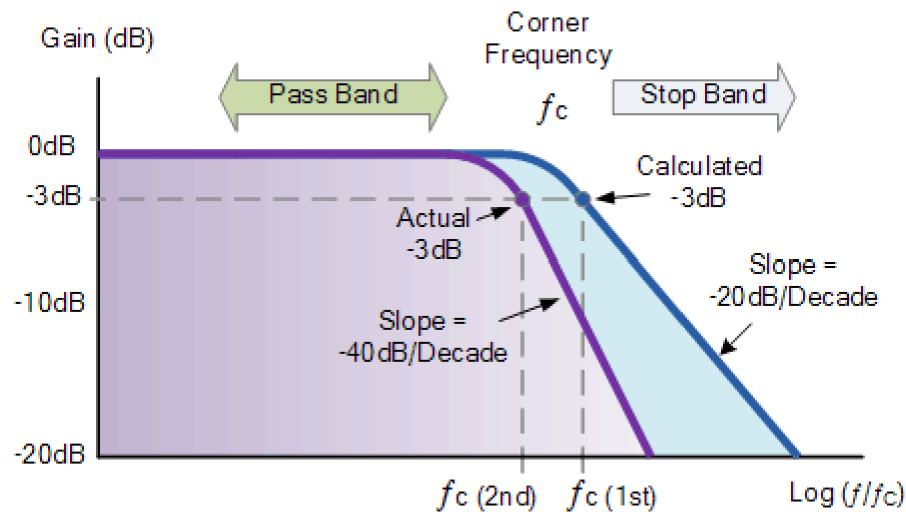
$$f_C = \frac{1}{2\Pi\sqrt{(R_1 C_1 R_2 C_2)}}$$

ඉහත සූත්‍රය ෆස්ට් ඕර්ඩර් RC ෆිල්ටර් එකේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය සොයන සූත්‍රය සමග සංසන්දනය කරන්න. දෙකම එකිනෙකට අනුරූප බව පෙනේවි. මෙහිදී ඇත්තටම වී තිබෙන්නේ ෆිල්ටර් කොටස් දෙකේ තිබෙන R1, R2 රෙසිස්ටර් අගයන් දෙක එකට ගුණ කර එහි වර්ගමූලයද, C1, C2 කැප් අගයන් දෙක එකට ගුණ කර එහි වර්ගමූලයද ගැනීමයි. එනම්, විවිධ අගයන් ඇති විට, ඒවායේ යම් "පොදු තනි අගයක්" බවට ඒවා පත් කරගනී. (යම් අගයන් දෙකක් ගුණ කර ඉන්පසු එහි වර්ගමූලය ගැනීම ගණිතයේදී මධ්‍යනය අගය සොයන එක් ක්‍රමයක්.) ඉන්පසුව එම මධ්‍යන්‍ය අගයන් දෙක සාමාන්‍ය ෆස්ට් ඕර්ඩර් සූත්‍රයේ R හා C වලට ආදේශ කළ හැකියි.

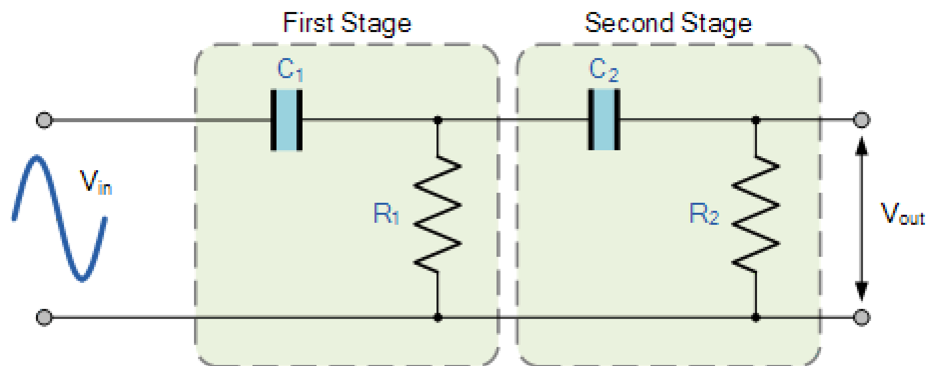
ෆිල්ටර් කොටස් තුනක් හෝ වැඩි ගණනක් පවතින අවස්ථාවද මේ ලෙසම තර්ක කර බලන්න. කොටස් තුනක් ඇති අවස්ථාව බලමු. මෙහිදී ප්‍රතිරෝධක අගයන් තුන එකට ගුණ කර, තුන්වෙනි මූලයද, ධාරිත්‍රක තුනේ අගයන් එකට ගුණ කර, තුන්වෙනි මූලයද ගත යුතුය. මේ ආදී ලෙස ගත යුතු මූලය ඕර්ඩර් එකට සමාන වේ. ඕනෑම ඕර්ඩර් එකක් සඳහා පහත ආකාරයට පොදු සූත්‍රයක් ලිවිය හැකියි. ප්‍රතිරෝධක n ගණනක් ඇති විට, ඒ සියලු ප්‍රතිරෝධක අගයන් එකට ගුණ කර ලැබෙන පිළිතුරෙහි n වැනි මූලය සොයන්න. එලෙසම කැප්වලටත් කරන්න. ඉන්පසු එම අගයන් සාමාන්‍ය කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය සොයන සූත්‍රයට ආදේශ කරන්න. මෙම සූත්‍රය ගැන කල්පනා කළ යුත්තේ අන්න ඒ ලෙසටයි. අමුතුවෙන් පාඩම් කරන්නට දෙයක් මෙහි නැත.

$$f_C = \frac{1}{2\Pi \sqrt[n]{(R_1 R_2 ... R_n)} \sqrt[n]{(C_1 C_2 ... C_n)}}$$

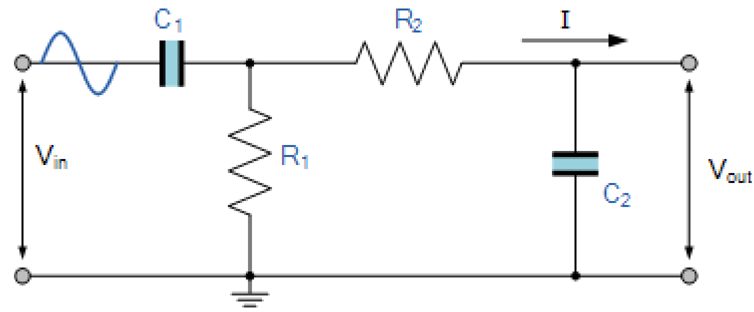
කොටස් දෙකක් සම්බන්ධ කර සාදන සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් පැසිව් ෆිල්ටර් එකක ෆිල්ටර් වීම පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයක් පහත රූපයේ දැක්වේ. නිල්පාට වක්‍රයෙන් පෙන්වන්නේ පළමු කොටස පමණක් තිබෙන විට ෆිල්ටරයේ බෑවුමයි. දම්පාටින් පෙන්වන්නේ කොටස් දෙකම තිබෙන විට ෆිල්ටරයේ බෑවුමයි. තවද, ෆිල්ටර් කොටස් දෙකේ යෙදෙන R හා C අගයන් වෙනස් වීම නිසා, කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයට එය බලපා ඇති අයුරුත් මෙහි පේනවා. එනම්, කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය තරමක් වෙනස් වී (පස්සට ගොස්) ඇත.



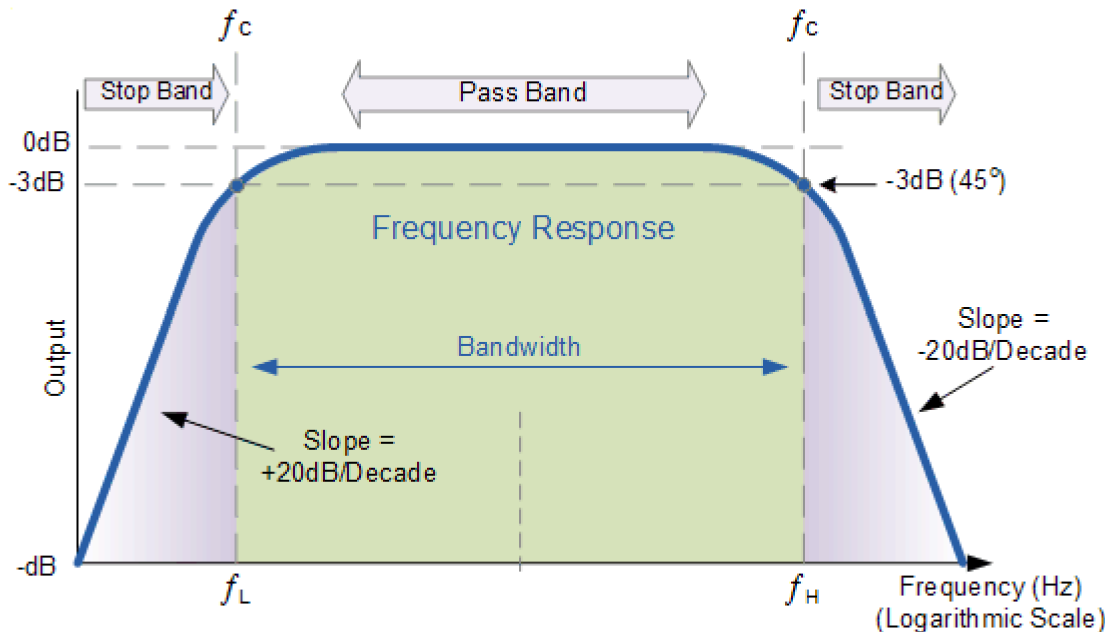

ඉහත LPF සඳහා සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් පැසිව් RC ෆිල්ටර් සර්කිට් නිර්මාණය කරන ආකාරයටමයි HPF වල ඉහළ ඕර්ඩර් ෆිල්ටර් සාදන්නේ. සූත්‍රද වෙනස් නොවේ. එවැනි HPF සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් ෆිල්ටර් පරිපථයක් පහත දැක්වේ.




ඉහත HPF හා LPF ෆිල්ටර් දෙකක් එකට කනෙක්ට් කිරීමෙන් බෑන්ඩ්පාස් ෆිල්ටර් සෑදීමට හැකියි (පහත රූපය). දැන් බලමු බෑන්ඩ්පාස් ෆිල්ටර් එකක් එලෙස සාදා ගන්නා අයුරු. කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාත දෙක පළමුව තීරණය කළ යුතුයි. ඉන් අපර් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය තමන්ගේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය ලෙස යොදා ගත් ලෝපාස් ෆිල්ටර් එකක්ද, ලෝවර් කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය තමන්ගේ කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය ලෙස යොදා ගත් හයිපාස් ෆිල්ටර් එකක්ද ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කරන්න.




එවිට, අවශ්‍ය සංඛ්‍යාත පරාසය පමණක් ගමන් කරවනවා එම පරාසයට පිටින් තිබෙන සංඛ්‍යාත පිල්ටර් කරමින්. පැහැදිලිවම බෑන්ඩ්පාස් පිල්ටර් එකක් යනු ස්වභාවයෙන්ම සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් පිල්ටරයකි මොකද එම පිල්ටරයේ රියැක්ටිව් උපාංග (කැප්) දෙකක් යොදාගෙන තිබෙනවා. බෑන්ඩ්පාස් පිල්ටරයක බෝඩ් ප්ලොට් එක පහත දැක්වේ. මෙය සෙකන්ඩ් ඕරඩර් පිල්ටර් එකක් වුවත්, බෑවුම 20dB/decade ලෙස දක්වා තිබෙන්නේ ඇයි? ඊට හේතුව පිල්ටර් කොටස් දෙකම එකම කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය ලෙස ගෙන නොමැති වීමයි.




උදාහරණයක් ගෙන බලමු. හර්ට්ස් 20 ත් කිලෝහර්ට්ස් 20 ත් අතර සංඛ්‍යාත පමණක් යෑමට සලස්වන බෑන්ඩ්පාස් පිල්ටරයක් සාදමු. මෙහිදී පිල්ටරය කොටස් දෙකක් ලෙස සලකා සැලසුම් කළ යුතුයි. එකක් නම් හර්ට්ස් 20 ට අඩු සංඛ්‍යාත පිල්ටර් කර දමන HPF එකක් වන අතර, අනෙක හර්ට්ස් 20,000 ට වැඩි සංඛ්‍යාත පිල්ටර් කර දමන LPF කි. මේ දෙක පෙර ඔබ උගත් පරිදි ගණනය කරන්න.

ඉහත බෑන්ඩ්පාස් පිල්ටර් සර්කිට් එකේ C1, R1 දෙක එක්ව සාදන්නේ HPF ක් කියා බැලූ බැල්මට පෙනේ. එහි කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය 20 වේ. ඔබ දන්නවා දැන් පිල්ටරයේ ප්‍රතිරෝධක/සම්භාදක අගය සොයන්නේ මෙම පිල්ටරය කනෙක්ට් කරන අනෙක් පරිපථ කොටස් අනුව බව. උපකල්පනය කරමු R1 = 1000 ohm හා R2 = 10000 ohm ලෙස තිබිය යුතුයි කියා. ඒ අනුව, කැප් එකේ අගය ගණනය කරන්න. එලෙසම C2, R2 එක්ව සාදන්නේ LPF යි. මෙහි කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය වන්නේ හර්ට්ස් 20,000

වේ. එහිදිත් කැප් එකේ අගය ඔබට ගණනය කරන්න පුලුවන්නෙ. ඔබට C1= 8u හා C2= 0.8n ලෙස ලැබෙනවාද බලන්න ඔබේ ගණනය කිරීම් මඟින්?

ඇත්තටම ඉහත බෑන්ඩ්පාස් ෆිල්ටරය ගුණාත්මකබවින් නම් එතරම් ඉහල නැත. පසුවට ඉගැන්වෙන ක්‍රම යොදාගෙන ඉස්තරම් වර්ගයේ (ඇක්ටිව්) ෆිල්ටර් වර්ග සාදා ගත හැකියි. මෙවැනි බෑන්ඩ්පාස් ෆිල්ටර් කිහිපයක් එකට එකතු කර (ඕර්ඩර් එක ඉහල දැමීමෙන්) බෑවුම වැඩි කරගත හැකියි.

ඉහත ලෝපාස්, හයිපාස්, බෑන්ඩ්පාස් ආදි ලෙස නම් කෙරුණු ෆිල්ටර්ම විවිධ අවස්ථාවල යෙදෙන අතර, සමහර වෙලාවට ඒ ඒ අවස්ථාවේ නමින්ද එම ෆිල්ටර් හැඳින්වෙනවා. hiss filter, pop filter, treble-cut filter, bass-cut filter, hum filter ආදී ලෙස ඔබට මේවා දැක ගත හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, ට්‍රෙබල් කට් ෆිල්ටර් එකක් යනු ලෝපාස් ෆිල්ටරයකි. එම ෆිල්ටරයෙන් සිදු කෙරෙන්නේ ශබ්දයක අධිසංඛ්‍යායන් ඉවත් කිරීමයි (ශබ්දයක අධිසංඛ්‍යාතයන් treble යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා). එලෙසම ශබ්දයක බේස් (bass යනු ශබ්දයක අවසංඛ්‍යාතයන්ය) කැපීමට යොදාගන්නා බේස් කට් ෆිල්ටරය හයිපාස් ෆිල්ටරයකි.

ඔබේ නිවසට ලැබෙන ප්‍රධාන විදුලිය (mains electricity) හර්ට්ස් 50 ක සංඛ්‍යාතයක් සහිත ඒසී විදුලියකි (ඇමෙරිකාව වැනි සමහර රටවල එය හර්ට්ස් 60 වේ). හර්ට්ස් 50 ක සංඥාවක් යනු කනට ඇසෙන "ශ්‍රව්‍ය පරාසයේ" (20Hz – 20kHz) පවතින්නකි. එය බේස් ශබ්දයකි; ඝෝෂාකාරියි (ඇත්තටම ඔබ හර්ට්ස් 50 හා 60 ඝෝෂාවක් අසන්න එම ඝෝෂාව කෙබඳුද කියා වටහගැනීමට; CoolEdit/Audition වැනි පරිගණක සොෆ්ට්වෙයාර් එකකින් ඕනෑම සංඛ්‍යාතයක ශබ්දයක්/ඝෝෂාවක් තත්පර කිහිපයක් ඇතුලත පහසුවෙන්ම ඔබට නිර්මාණය කළ හැකියි). ඉතිං සමහර අවස්ථාවල විවිධ ක්‍රම මඟින් මෙම ප්‍රධාන විදුලි සංඛ්‍යාතය සර්කිට් එක හරහා යන සංඥාව හා මුසු වේ. ඒ විතරක් නොවේ මෙම සංඛ්‍යාතයේ දෙගුණය (හර්ට්ස් 100 හෝ 120) ද එලෙසම කරදරකාරි ලෙස මුසු වේ. මෙන්න මෙවැනි ප්‍රධාන විදුලිය නිසා ඇති වන හර්ට්ස් 50/100 (හෝ 60/120) ඝෝෂාව හඳුන්වන්නේ "හම්" (hum) එක කියාය. මෙම ඝෝෂාව කනට ඇසෙන්නේ "හ්ම්ම්ම්ම්" ලෙස නිසයි මෙම නම ඊට ලැබී ඇත්තේ. මෙම හම් ඝෝෂාව ෆිල්ටර් කිරීමට යොදන හම් ෆිල්ටරය යනු බෑන්ඩ්ස්ටොප් ෆිල්ටරයකි (එනම්, හර්ට්ස් 50/100 හෝ 60/120 සංඛ්‍යාත පමණක් ෆිල්ටර් කරයි). හොඳ හම් ෆිල්ටර් ක්‍රියාකාරිත්වයක් සඳහා කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 1 ලෙස සලකා හම් ෆිල්ටර් එක සැලසුම් කළ හැකියි.

**සටහන**

කනට ඇසෙන්නේ හර්ට්ස් 20 ත් 20,000 ත් අතර සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් යුතු ශබ්ද පමණක් බව ඔබ දැන් දන්නවා. හර්ට්ස් 20 ට අඩු ශබ්ද infrasound (අධෝධ්වනි) ලෙසද, හර්ට්ස් 20000 ට වැඩි ශබ්ද ultrasound (අතිධ්වනි) ලෙසද හැඳින්වෙනවා. ඇත්තටම සෑම මනුස්සයෙකුටම මෙම සම්පූර්ණ පරාසය තුළ සියලු ශබ්ද ඇසෙන්නේ නැත. ක්‍රමයෙන් වයසට යන විට, ක්‍රමයෙන් මෙම පරාසය පටු වෙනවා. (ඒ කියන්නේ උඩ හා යට සීමාවන් එකිනෙකට ළං වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස, වයස 65 පමණ වන විට සමහරවිට හර්ට්ස් 40 ත් 18000 ත් අතර පරාසය දක්වා පටු විය හැකියි). එහෙත් සමහර සතුන්ට ඉහත සංඛ්‍යාතවලින් පිටත ශබ්ද පවා ඇසිය හැකියි (වවුලන්, තල්මසුන්, බල්ලන් වැනි සතුන්ට).

විද්‍යාවේදී "ශබ්දයේ සංඛ්‍යාතය" යන වචනය භාවිතා කළත්, සංගීතයේදී හා ශබ්ද විද්‍යාවේදී (acoustics) මීට pitch (තාරතාව) කියාද පවසනවා. මෙම ශ්‍රව්‍ය පරාසය තුළ ඉහළ පිච් (high pitch) ශබ්ද හැඳින්වෙන්නේ treble (උච්ච ස්වරය) ලෙස වන අතර, පහල පිච් (low pitch) ශබ්ද හැඳින්වෙන්නේ bass (මන්ද්‍ර ස්වරය) ලෙසයි. ට්‍රෙබල් හා බේස් ශබ්දවලට හරියටම අහවල් අහවල් සංඛ්‍යාත පරාස තිබේ

යැයි සම්මතයක් නැත. දළ වශයෙන් බේස් යනු හර්ට්ස් 200 ට අඩු සංඛ්‍යාත (එනම්, හර්ට්ස් 20 ත් 200 ත් අතර) ලෙසද, ට්‍රෙබල් යනු හර්ට්ස් 4000 ට වැඩි සංඛ්‍යාත (එනම්, හර්ට්ස් 4000 ත් 20000 ත් අතර) ලෙසද මතක තබා ගන්න. එවිට, හර්ට්ස් 200 ත් 4000 ත් අතර සංඛ්‍යාත කලාපයටද midrange ලෙස නමක් ලබා දේ.

සාමාන්‍යයෙන් හොඳ සවුන්ඩ් සිස්ටම් එකක ස්පීකර් ගණනාවක් පවතින්නේ ඉහත හේතුව නිසාමයි. එක් ස්පීකරයකින් ඉතා හොඳ ගුණාත්මක බවින් යුතු ශබ්දයක් ඇති කළ නොහැකියි සම්පූර්ණ ශ්‍රව්‍ය සංඛ්‍යාත පරාසය පුරාම. එනිසා ප්‍රධාන ලෙස ස්පීකර් වර්ග 3 ක් නිපදනවා. ඉන් එකක් tweeter කියා හැඳින්වෙනවා. මෙම ස්පීකර් අනෙක් ඒවාට වඩා කුඩාය. ට්‍රෙබල් ශබ්ද ඉතා හොඳින් මෙම ට්වීටර් හරහා පිට කළ හැකියි. මෙම ස්පීකර්වලට බේස් හෝ මිඩ්රේන්ජ් ශබ්ද යවන්න නරකයි. එලෙසම woofer ලෙසද ස්පීකර් වර්ගයක් තිබෙනවා. මෙම ස්පීකර් අනෙක් ඒවාට වඩා විශාලයි. බේස් ශබ්ද සඳහායි වූෆර් සාදා තිබෙන්නේ. මිඩ්රේන්ජ් සංඛ්‍යාත ශබ්ද සඳහා සාමාන්‍ය ප්‍රමාණයේ midrange ස්පීකර් නිපදවා තිබෙනවා. මේ එක් එක් ස්පීකරය සඳහා ඊට සුදුසු සංඛ්‍යාත පරාසයන් පමණක් යොමු කළ යුතු වෙනවා. එය සිදු කරන්නේද ෆිල්ටර් හරහාය. සාමාන්‍ය ශබ්දය ලෝපාස් ෆිල්ටරයක්, හයිපාස් ෆිල්ටරයක්, බෑන්ඩ්පාස් ෆිල්ටරයක් යන තුන් වර්ගයේම "ෆිල්ටර් සෙට් එකක්" හරහා යවනවා. එහිදී ඒ ඒ ෆිල්ටර්වලින් පිටවන තරංග ඉහත ස්පීකර් වර්ග තුනට වෙන වෙනම ලබා දෙනවා. ඇත්තටම ඉහත "ෆිල්ටර් සෙට් එක" crossover network ලෙසයි හැඳින්වෙන්නේ.

ඒ විතරක් නොවේ, එම ඇසෙන සංඛ්‍යාත පරාසය තුළ සෑම ශබ්දයක්ම එකම ආකාරයට දැනෙන්නේද නැත. සාමාන්‍යයෙන් සංඛ්‍යාතය ඉහළට යන විට ශබ්දයේ සැර වැඩියෙන් දැනේ. මෙහෙම සිතන්න. සිතමු වොට් 1 ක ජවයක් ඇති හර්ට්ස් 100 ක ශබ්දයකුයි වොට් 1 ක ජවයක් ඇති හර්ට්ස් 10000 ක ශබ්දයකුයි ඔබට ඇසෙනවා කියා. දෙකේම ජවය (ශක්තිය) සමානයි. එහෙත් ඔබේ කනට දැනෙන්නේ හර්ට්ස් 10000 ශබ්දය ඉතා වැඩි ශබ්දයක් සහිත ලෙසයි. ඇත්ත වශයෙන්ම ශබ්ද දෙකේම ශක්තිය සමානයි. එහෙත් මෙතැන සිදු වී ඇත්තේ ඉහළට යන සංඛ්‍යාතයන්ට කන ක්‍රමයෙන් සංවේදී වැඩි වීමයි. මෙන්න මෙම මූලික ප්‍රශ්නය නිසා තමයි සංගීතයේදී සවුන්ඩ් මික්සිං කරන්නට සිදුවන්නේ. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහල සංඛ්‍යාතයක් සහිත සංගීත භාණ්ඩයේ හඬ පහල සංඛ්‍යාතයක් සහිත සංගීත භාණ්ඩයේ හඬට වඩා කැපී පෙනේ. එවිට රසය අඩු වේ. එමනිසා sound mixing මඟින් මේවා ගාණට "බැලන්ස්" කළ යුතුයි.

සංගීත නිර්මාණයේදී ලොකු ස්ටූඩියෝ ඇතුලේ බරපතල කාර්යක් ලෙස ඉහත සවුන්ඩ් මික්සිං සිදු කරනවා. ඔබද මෙම දේම එක්තරා විදියකට සිදු කරනවා ඔබේ ප්ලේයර් එකෙන්. බේස් කොන්ට්‍රෝල්, ට්‍රෙබල් කොන්ට්‍රෝල්, ඊක්වලයිසර් ආදීය තිබෙන්නේ මේ සඳහාය. ට්‍රෙබල් කන්ට්‍රෝලර් එක කරකවා ට්‍රෙබල් ශබ්ද අඩු වැඩි කළ හැකියි. එලෙසම බේස් කන්ට්‍රෝලර් එක කරකවා බේස් ශබ්ද අඩු වැඩි කළ හැකියි. ඊක්වලයිසර් එකේ විවිධ ස්ලයිඩර්/නොබ් කරකවා සංඛ්‍යාත පරාසයකම ශබ්දවල සැර වෙන් වෙන්ව වෙනස් කළ හැකියි. ඊක්වලයිසර් එකක් යනු ශ්‍රව්‍ය සංඛ්‍යාත පරාසය තුල යම් ක්‍රමවත් ක්‍රමයකට තෝරාගත් සංඛ්‍යාත හත අටක පමණ ශබ්දයේ සැර/හඬ අඩු වැඩි කළ හැකි පරිදි සෑදූ ෆිල්ටර් සමූහයකි. ඔව්, ඊක්වලයිසර් එකක් යනු ෆිල්ටර් සෙට් (a set of filters) එකක්.

**සටහන**

විදුලි සංඥා ගැන කතා කරන හැමවිටම වාගේ (විශේෂයෙන් ෆිල්ටර් ගැන කතා කිරීමේදී) සංඛ්‍යාතය ගැනද කතා කෙරෙනවා. යම් සංඛ්‍යාතයක දෙගුණය, තුන්ගුණය, දසගුණය ආදී ලෙස "ගුණාකාරයන්"

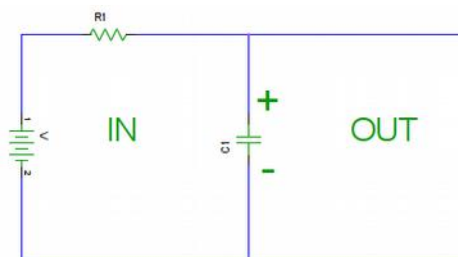
(multiples) ගැනද අපට කතා කළ හැකියි. ඒවා ඉහලට (අගය වැඩි වන දිශාවට) තිබෙන ගුණාකාරයන්ය. ඒ ලෙසම පහලට (අගය අඩු වන දිශාවට) තිබෙන උප-ගුණාකාරද (sub-multiples) සැලකිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, හර්ට්ස් 100 ගනිමු. එහි (ඉහලට) දෙගුණය හර්ට්ස් 200 වේ; තුන්ගුණය 300 ද, දොලොස්ගුණය 1200 ද වේ. එහිම (පහලට) භාගය හෙවත් ½ ගුණාකාරය හර්ට්ස් 50 වේ; කාල හෙවත් ¼ ගුණාකාරය හර්ට්ස් 25 වේ.

පොදුවේ "ගුණාකාරය" (multiple) යන වචනය භාවිතා කළද, විද්‍යා හා තාක්ෂණයේදී "උපරිතාන" (overtone) යන නම ඊට භාවිතා කෙරේ (ඉහලට යන ගුණාකාර සඳහා). ඒ අනුව, හර්ට්ස් 200 හි පළමු උපරිතානය 400 ද, දෙවැනි උපරිතානය 600 ද වේ. සලකා බලනු ලබන මුල් සංඛ්‍යාතය "මූලික සංඛ්‍යාතය" (fundamental frequency) ලෙස හැඳින්වෙනවා.

ඇයි උපරිතාන ගැන අප උනන්දු විය යුත්තේ? ඊට වැදගත් හේතුවක් තිබේ. සමහර පරිපථවල නිතර සිදුවන දෙයක් තමයි යම් විදුලි සංඥාවක සංඛ්‍යාතයේ විවිධ උපරිතාන ඉබේම නිපැදවීම. එය ඇත්තටම ගැටලුවක්. ඒ කියන්නේ හර්ට්ස් 1000 ක සංඥාවක් ගමන් කරන විට, ඒ සමගම හර්ට්ස් 2000, 3000, ආදී සංඥා ඇති වේ. හැමවිටම මෙලෙස සෑදෙන උපරිතාන මූලික සංඛ්‍යාතය සහිත සංඥාවට වඩා බොහෝ දුර්වලයි (එනම් උපරිතාන සංඥාවල ජවය, ධාරාව, හා වෝල්ටියතාව ඉතාම අඩුයි). උදාහරණයක් ලෙස, වෝල්ට් 1 ක සංඥාවේ උපරිතාන සංඥාවක වෝල්ට් ගණන මිලිවෝල්ට් 1 ක් පමණ විය හැකියි. ඔබ ඉහතදී දුටුවා ප්‍රධාන විදුලිය නිසා ඇති වන හම් එක ගැන විස්තරය. එහි විදුලි සංඛ්‍යාතයට අමතරව පළමු උපරිතානයද ඇතිවන බව දැන් වටහගන්න.

# Time delay circuit

දැනට ෆිල්ටර් ගැන හොඳටම ප්‍රමාණවත්. දැන් බලමු කැපැසිටරයක් හා රෙසිස්ටරයක් උපයෝගී කරගෙන සරල delay circuit එකක් සාදාගන්නා අයුරු. ඩිලේ සර්කිට් එකක් යනු විදුලිය සපයපු මොහොතේම ක්‍රියාත්මක නොවී, විදුලිය සපයා යම් සුලු මොහොතකට පසුව ක්‍රියාත්මක වන පරිදි සැකසූ සර්කිට් එකකි. මෙහිදී පරිපථය සාමාන්‍යයෙන් විචලනය නොවන ඩීසී විදුලියකටයි සම්බන්ධ කරන්නේ. එය සෑදීම ඉතාම පහසුයි (පහත රූපය).




මෙහි උපයෝගී කරගෙන තිබෙන්නේ කැපැසිටර් චාජ් වීමේ ක්‍රියාවයි. ඔබ දන්නවා කැප් එකක් චාජ් වන වේගය තීරණය කරන්නේ එහි කැපැසිටන්ස් එක හා ඊට ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කර තිබෙන රෙසිස්ටරයේ (හෝ ප්‍රතිරෝධයක් දැක්විය හැකි ඕනෑම "කොටසක") ප්‍රතිරෝධී අගය මතයි. T = RC යන කාල නියතය ගැන මතක් කර ගන්න. ඉහත රූපයේ IN කොටසට විචලනය නොවන විදුලියක් ලබා දෙන විට, එම විදුලිය ධාරිත්‍රකයට "උරා ගන්නවා" (එනම් ධාරිත්‍රකය දෙපස ඩ්‍රොප් වෙනවා). කැප් එක

ක්‍රමයෙන් චාජ් වෙනවා. එවිට එය දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයද ක්‍රමයෙන් ඉහල යනවා (එය ඉහල යන්නේ ධාරිත්‍රකයේ සුපුරුදු ඝාතීය ශ්‍රිතයේ ස්වරූපයෙන්). OUT යන කොටසට සම්බන්ධිත උපකරණය ක්‍රියාත්මක වීමට යම් නිශ්චිත අවම වෝල්ටියතාවක් අවශ්‍යයි. ඉතිං ධාරිත්‍රකයේ දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයනෙ එම උපකරණයට ලබා ගන්නේ (අවුට්පුට් කරන්නේ).

IN කොටසට විදුලිය ලබා දුන් පළමු අවස්ථාවේදී ධාරිත්‍රකයේ විභවය ශුන්‍යයි. එහෙත් එය ක්‍රමයෙන් චාජ් වෙනවා (ඝාතීය ලෙස). එලෙස චාජ් වෙමින්, ධාරිත්‍රකය දෙපස ඉහත උපකරණයට අවශ්‍ය අවම වෝල්ටියතාව ඩ්‍රොප්වන විටම, එම උපකරණය ක්‍රියාත්මක වෙනවා. තවදුරටත් කැප් එක සමහරවිට චාජ් වේවි. එවිට, විභවය තව තවත් ඉහල යාවි. එනිසා සවි කරන උපකරණය කැප් එකේ ඩ්‍රොප්වන උපරිම විභවය (එනම් සැපයුම් විභවය) දක්වා ක්‍රියා කිරීමට හැකි විය යුතුයි පිලිස්සෙන්නේ නැතිව. බලන්න ඉහත කැප් එක යෙදීම නිසා, පරිපථයට විදුලිය සපයා යම් සුලු මොහොතකට පසුවයි උපකරණය ක්‍රියාත්මක වූයේ.

පළමුවෙන්ම ඔබට අවශ්‍ය කාල පමාව තීරණය කරන්න. බොහෝවිට තත්පරයක් හෝ ඊට අඩු කාල පමාවක් නම් උචිතයි. අති විශාල කාල පමාවක් අවශ්‍ය කරන විට, වෙනමම ටයිමර් සර්කිට් එකක් සම්බන්ධ කිරීම වඩා උචිතයි මොකද එවැනි විශාල කාල පමාවන් සඳහා අති විශාල ධාරිතා අගයක් අවශ්‍ය වේ. මෙවැනි අති විශාල ධාරිතා අගයන් සහිත කැප් සොයා ගැනීමට ප්‍රායෝගිකව බැරිය. ධාරිතාව ඉහල දැමිය නොහැකි නම්, ප්‍රතිරෝධී අගය ඉහල දැමිය යුතුය. ඉතා ඉහල ප්‍රතිරෝධී අගයන් සහිත ප්‍රතිරෝධක නම් ඕනෑ තරම් තිබේ. එහෙත් එහිදී වෙනත් ප්‍රශ්නයක් මතු වේ. එනම්, ප්‍රතිරෝධි අගය ඉහල යන විට, ධාරාව කුඩා වේ. ඉතිං අති විශාල ප්‍රතිරෝධයක් දැමූ විට, සමහරවිට ඒ හරහා යන ධාරාව උපකරණයට ප්‍රමාණවත් නොවේ. එනිසයි කුඩා කාල පමාවන් සඳහා පමණක් මෙවැනි සරල ඩිලේ සර්කිට් ප්‍රයෝජනවත් වන්නේ.

ඉහතදී කාල පමාව තීරණය කළ පසු සුදුසු ධාරිතා හා ප්‍රතිරෝධි අගයන් තීරණය කළ හැකියි. සාමාන්‍යයෙන් RC කාල නියත පහකින් ධාරිත්‍රකය සම්පූර්ණයෙන්ම චාජ් වේ යනුවෙන් සැලකෙනවනෙ. ඉතිං මෙම කාල නියත පහ තුළ ඔබට අවශ්‍ය කාල පමාව තබා ගන්න. මා යෝජනා කරන්නේ කාල නියත තුනකින් පමණ ඔබට අවශ්‍ය කාල පමාව ඇති කර ගන්න. උදාහරණයක් ඔස්සේ මෙය බලමු. සිතන්න ඔබට අවශ්‍යයි මිලිතත්පර 120 ක කාල පමාවක් කියා. ඒ කියන්නේ විදුලිය සපයා මිලිතත්පර 120 කින් තමයි උපකරණය ඔන් විය යුත්තේ. උපකරණය ක්‍රියාත්මක වීමට වෝල්ට් 5 ක් අවශ්‍ය යැයි සිතමු. තවද උපකරණයට වෝල්ට් 8 ක් දක්වා සැපයිය හැකි යැයිද සිතමු. මෙම උදාහරණය සඳහා කාල පමා (time delay) පරිපථය නිර්මාණය කිරීමට මා RC කාල නියත 3 ක් පමණක් යොදා ගන්නවා. ඒ කියන්නේ කාල නියත 3 වෙන විට, ධාරිත්‍රකය දෙපස වෝල්ට් 5 හෝ ඊට වැඩියෙන් ඩ්‍රොප් වී තිබිය යුතුයි. ඔබ දන්නවා කාල නියත 3 කින් ධාරිත්‍රකය සැපයුම් වෝල්ටියතාවෙන් 83%ක් දක්වා චාජ් වෙනවා. ඔබට අවශ්‍ය මෙම කාල නියත 3 න් අවම වශයෙන් වෝල්ට් 5 ක් දක්වා ධාරිත්‍රකය චාජ් වීමයි. මෙය සිදුවීමට සැපයුම් වෝල්ටියතාව, $V_S$ කොපමණ විය යුතුද? එය පහත ආකාරයට තර්ක කර ගණනය කළ හැකියි.

කාල නියත 3 කින් ධාරිත්‍රකය අවම වශයෙන් චාජ් වී තිබිය යුතු වෝල්ටියතාව = 5V
කාල නියත 3 කට පසු ධාරිත්‍රකය චාජ් වී තිබෙන ප්‍රතිශතය = සැපයුම් විභවයෙන් 83%
83% හෙවත් 0.83 කට 5V නම්, 100% ට හෙවත් 1.0 ට වෝල්ට් ගණන =

$\frac{5}{83\%} x\,100\% = \frac{5}{0.83} x\,1.0$ වේ. එහි අගය 6.024 කි. දළ වශයෙන් 6V ලෙස ගත හැකියි.

ඒ කියන්නේ සැපයුම් වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 6 ක් විය යුතුය. උපකරණයට වෝල්ට් 8 ක් දක්වා ලබා දිය හැකි නිසා උපකරණය පිලිස්සෙන්නේ නැත. ඔබට මෙලෙසද කළ හැකියි. සැපයුම් වෝල්ටියතාව 5V ලෙසම ගත හැකියි. ධාරිත්‍රකය වෝල්ට් 5 දක්වා චාජ් වීමට කාල නියත 5 ක් ගන්නවා. ඒ කියන්නේ කාල නියත 3 ක් වෙනුවට 5 ම ඔබ දැන් යොදාගන්නවා. මේ ආදී ලෙස කාල නියතයන් හා සැපයුම් වෝල්ටියතාවන් නිශ්චය කළ හැකියි. මෙම උදාහරණයේදී අප යොදාගත්තේ කාල නියත 3 ක් පමණක් නිසා, ඒ ඔස්සේ ඉදිරියට ගණනය කිරීම් කරගෙන යමු. ඔබට අවශ්‍ය කාලය මිලිතත්පර 120 කි. කාල නියත තුනක් සඳහාම මිලිතත්පර 120 නිසා, එක් RC කාල නියතයක් සඳහා 120/3 = මිලිතත්පර 40 වේ. ඒ කියන්නේ,

R (ohm) x C (Farad) = 0.04 (Second) වේ.

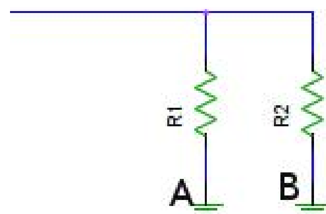
ඉහත සම්බන්ධතාව තෘප්ත වන ලෙසට සුදුසු R හා C අගයන් තෝරාගන්න. හිතමු කැප් එක 10u යැයි කියා. එවිට, ප්‍රතිරෝධය = 0.04/0.00001 = ඕම් 4000 කි. එවිට, ප්‍රතිරෝධය හරහා යන ධාරාව වන්නේ 5/4000 = මිලිඇම්පියර් 1.25 කි. ඇත්තටම ඔබ ගණනය කිරීම සිදු කළ යුත්තේ අනෙක් පැත්තටයි. ඒ කියන්නේ උපකරණයට අවශ්‍ය ධාරාව අනුවයි R තීරණය කළ යුත්තේ. ඉන්පසුවයි C තීරණය කරන්නේ. ඒ අනුව, සිතන්න උපකරණයට අවශ්‍ය කරන ධාරාව මිලිඇම්පියර් 5 ක් බව. එවිට, යෙදිය යුතු ප්‍රතිරෝධයේ අගය වන්නේ, 5/0.005 = ඕම් 1000 වේ. එවිට, යෙදිය යුතු ධාරිත්‍රකයේ අගය වන්නේ, 0.04/1000 = මයික්‍රොෆැරඩ් 40 කි. යොදන්නේ ස්ථාවර විදුලියක් නිසා, ධාරිත්‍රකය කාල නියත 5 ක් යන තුරු චාජ් වී, එතැන් සිට පරිපථයට කිසිම බලපෑමක් නොකර "ඔහේ" පවතිනවා (හරියට ධාරිත්‍රකයක් එතැන නැහැ වගේ). එහෙත් නැවත ධාරිත්‍රකය ක්‍රියාත්මක වනවා පරිපථයට විදුලිය විසන්ධි කළ විගස. එවිට, කැප් එකේ චාජ් වී තිබෙන විදුලිය උපකරණයට සපයනවා (හරියට බැටරියක් ලෙස). එහෙත් එම චාජ් එක ඉතා ඉක්මනින්ම බැස යනවා. ධාරිත්‍රකය තාවකාලික ආරෝපණ ගබඩාවක් කියා ඔබ දන්නවානෙ. ඔබට පේනවා මෙවැනි පරිපථ සඳහා සාමාන්‍යයෙන් විශාල ධාරිතා අගයන් සහිත ධාරිත්‍රක අවශ්‍ය කෙරෙන බව. මේ සඳහා ඊකැප් යෙදිය හැකියි. ඊකැප්වලට ධන සෘණ භේදය තිබේ. එහෙත් මෙහිදී එය ප්‍රශ්නයක් නොවේ මොකද මෙවැනි පරිපථවල ධන සෘණ මාරු වන්නේ නැත. ඒ අනුව ඉහත රූපයේ ප්‍රතිරෝධකය ඕම් 1000 ලෙසද, කැප් එක මයික්‍රොෆැරඩ් 40 ලෙසද තැබිය හැකියි.

පරිපථ තුළ විදුලි සංඥා ගමන් කරනවා. විදුලි සංඥාවක් හැමවිටම විචලනය වන කුඩා විදුලියක් (වෝල්ටියතාවක්/ධාරාවක්). විදුලි සංඥා අපට අවශ්‍ය මාර්ග ඔස්සේ ගමන් කරවීමට කැපෑසිටර් යොදා ගන්නවා. මෙහෙම සිතන්න. ඔබට ගමන් බිමන් යෑමට පාරවල් සාදා තිබෙනවා. පාරවල් තිබූ පලියට ඔබ ඒ හැම මාර්ගයකින්ම ගමන් කරන්නේ නැහැ නේද? ඔබට අවශ්‍ය ගමනාන්තය දක්වා ගමන් කිරීමට උචිත මාර්ග පමණයි ඔබ තෝරා ගන්නේ. එහිදී පහසුවෙනුත් ඉක්මනිනුත් යා හැකි මාර්ග ඔබ තීරණය කරනවා. මහ පොලව මත විවිධ තැන්වල මාර්ග සාදා තිබෙන්නේ විවිධ හේතු නිසා. ඔබ පමණක් නොවේ ගමන් කරන්නේ. මිනිසුන් බොහෝ ගණනකගේ අවශ්‍යතා සැපිරෙන ලෙසටත් පාරවල් සාදා තිබෙන්නේ. විදුලි සංඥාත් එබදුයි. පරිපථය තුළ සංඥාවලට යෑමට හැකි මාර්ග බොහෝ ගණනක් තිබේ. ට්‍රාන්සිස්ටර් බයස් කිරීමට, වෙනත් උපාංගවලට විදුලි බල සැපයුම ලබා දීමට ආදී නොයෙක් හේතු මත පරිපථය තුළ විදුලිය ගමන් කළ හැකි පාරවල් (වයර්/ප්‍රින්ට්) බොහෝ ගණනක් තිබෙනවා. ඒ තිබූ පලියට සංඥාවන්ට ගමන් කළ හැකි සෑම පාරක් ඔස්සේම "රෝන්දෙ" ගසන්නට ඉඩ දිය නොහැකියි. ඔබට අවශ්‍ය මාර්ගය දිගේ පමණක් සංඥා යැවීමට ධාරිත්‍රක බහුලව යොදා ගන්නවා.

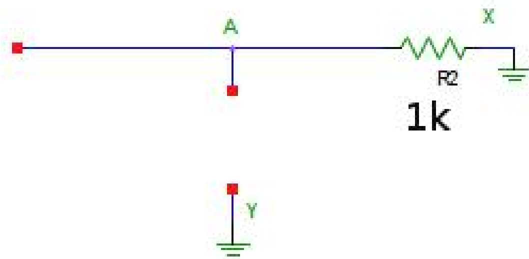
පරිපථ කොටස සරල වුවත් සංකීර්ණ වුවත් අනිවාර්යයෙන්ම එක් රීතියක් වලංගු වෙනවා. ඒක තමයි,

යම් විදුලියක් (හෝ විදුලි සංඥාවක්) සඳහා අත්‍යවශ්‍යයෙන්ම මාර්ග/පින් දෙකක් තිබෙනවා. එකකින් විදුලිය/සංඥාව එළියට යවා අනෙකෙන් නැවත එය ලබා ගන්නවා (එහෙමත් නැතිනම් එකකින් විදුලිය/සංඥාව ලබාගෙන අනෙකන් එය එළියට යවනවා). ඒ නිසානේ "පරිපථ" යන නමත් ඊට ලැබෙන්නේ (මේ ගැන මීට පෙර හොඳින් විස්තර කර ඇත). එහෙත් සාමාන්‍යයෙන් සංඥාව ආපසු එන ලයින් එක ගැන එතරම් තැකීමක් කරන්නෙ නැහැ (ඒකෙන් කියන්නෙ නැහැ එම මාර්ගය නොසලකා හැරිය හැකි අවැදගත් එකක් කියා; එය පරිපථ විශ්ලේෂණය කිරීමේදී අපේ පහසුවට කරන වැඩක් පමණි). සංඥාව ආපසු එන ලයින් එක බොහෝවිට ග්‍රවුන්ඩ් ලයින් එක වේ. ග්‍රවුන්ඩ් ලයින් එක බොහෝ විට සම්පූර්ණයෙන් අඳින්නේද නැත පරිපථය තුළ. ඒ වෙනුවට ග්‍රවුන්ඩ් එකේ සංකේතය යෙදේ. එනිසා ඕනෑම සංඥාවක් පරිපථයක ගමන් කිරීමට මාර්ග දෙකක් තිබුණත් ඒ දෙකම එක මාර්ගයක් ලෙස උපකල්පනය කර වැඩ කරමු.

පහත රූපය බලන්න. ඊට ඉන්පුට් කරන සංඥාවට යා හැකි මාර්ග කීයක් තිබේද? පරිපථ කොටස ඉතාම සරල නිසා පහසුවෙන්ම පේනවා මාර්ග දෙකක් පවතින බව. ඉතිං පහත පරිපථ කොටසේ විදුලිය ගමන් කරන්නේ කුමන මාර්ගයේද? පෙරත් සඳහන් කළ ලෙසම විදුලිය ගමන් කළ යුත්තේ අපට අවශ්‍ය (අප කියන) මාර්ගයේය. එහෙත් විදුලියට අප කටින් කියන උපදෙස්වලින් වැඩක් නැහැ. ඊට තේරෙන භාෂාවක් ඇත. විදුලිය ගමන් කළ යුත්තේ අහවල් මාර්ගය ඔස්සේ යැයි අප උපදෙස් දෙන්නේ විදුලියට තේරෙන "ප්‍රතිරෝධකතාව" ඔස්සේය. එනම්, A නම් පාරේ නොයා B නම් පාරේ ගමන් කරන්න කියා අප ඊට උපදෙස් දෙන්නේ A මාර්ගයේ (සන්නායකයේ) ප්‍රතිරෝධ අගය ඉහළ දමා හා B පාරේ ප්‍රතිරෝධ අගය පහළ දැමීමෙනි. A පාරේ පොඩ්ඩක්වත් නොයන්න කියා කීමට එම පාරේ ප්‍රතිරෝධ අගය අනන්තය දක්වා ඉහළ දමන්න; ඒ කියන්නේ එම පාර වසා දමන්න; ඒ කියන්නේ එම සන්නායක පාරේ සන්නායක කොටස් ගලවා දමන්න. ඉතිං ප්‍රතිරෝධ අගයන් වෙනස් කිරීමෙන් අපට පුලුවන් නේද අපට කැමති කැමති පාරවල් ඔස්සේ සංඥා දැන් යැවීමට?




හරි දැන් බලමු කැප්වලට විදුලිය ගමන් කරන මාර්ගය වෙනස් කිරීමට හැකියාව ලැබෙන්නේ කෙලෙසද කියා. කැප් එකක් යනු සංඛ්‍යාතය අනුව විචලනය වන ප්‍රතිරෝධයක් (ෆිල්ටර්වල යොදා ගත්තේ මෙම ගතිගුණයනෙ). ඉතිං අපට පුලුවන් අදාල විදුලි සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය ගැන අවබෝධයක් තිබේ නම්, එම සංඥාවට ඉතාම අඩු ප්‍රතිරෝධි (ප්‍රතිභාධක) අගයක් ලැබෙන සේ සුදුසු ධාරිතා අගයක් සහිත ධාරිත්‍රකයක් යොදන්න. උදාහරණයක් ලෙස පහත රූපය සලකන්න. මෙහි විදුලි සංඥාව ගමන් කිරීමට ඇත්තේ එක් මාර්ගයක් පමණයි (A සිට X දක්වා). එනිසා අනිවාර්යෙන්ම ඒ මඟ ඔස්සේ සංඥාව ගමන් කරාවි.

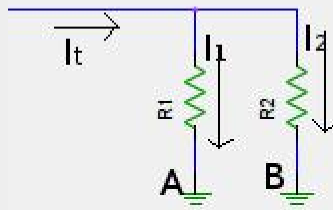



එහෙත් ඔබට අවශ්‍ය නම්, එම විදුලි සංඥාව A සිට Y දක්වා ගමන් කරවීමට හැකියි. කළ යුත්තේ කුමක්ද? A-X මාර්ගයට වඩා අඩු ප්‍රතිරෝධක අගයක් සහිතව A-Y මාර්ගයක් සැකසීමයි. රූපය අනුව A-X මාර්ගය අවම වශයෙන් ඕම් 1000 කි (ශ්‍රේණිගත කිලෝඕම් 1 ක ප්‍රතිරෝධකයක් පවතින නිසා). ඔබට හැකි නම් A-Y මාර්ගය ඕම් 10 කට අඩුවෙන් සාදාගන්න එම සංඥා ධාරාව A-Y ඔස්සේ ගමන් කරාවි. ඇත්තටම මෙහිදීත් විදුලි සංඥා ධාරාව සම්පූර්ණයෙන්ම A-Y වල ගමන් නොගනී. තවමත් A-X ඔස්සේ මුල් සංඥා ධාරාවෙන් 10%ක් ගමන් කරයි (A-X හි ප්‍රතිරෝධය 1000 නම් හා A-Y හි ප්‍රතිරෝධය 10 ලෙස ගතහොත්). A-Y ඔස්සේ සත්‍ය ලෙසම ගමන් කරන්නේ 90%කි. හැමවිටම වාගේ මෙතැනත් 10% රූල් එක වලංගු වේ. සංඥාවකින් 10% නැති වූවාට එතරම් ගණන් නොගන්න. දැන් ඉතිං කරන්නට තිබෙන්නේ යම් සන්නායකයකින් (වයර් කැබැල්ලකින්) A-Y සම්බන්ධ කිරීමද? එයත් එක්තරා විසඳුමක් විය හැකියි මොකද කුඩා වයර් කැබැල්ලක මිලිඕම් ගණනක්වත් ප්‍රතිරෝධයක් නොමැති නිසා.

**සටහන**

විභව බෙදුම් පරිපථයක විභවය බෙදෙන අනුපාතය අනුව එක් එක් ප්‍රතිරෝධකයේ පිහිටන වෝල්ටියතාවන් පහසුවෙන් ගණනය කරන්නට ඔබ දන්නවා ( $V_O = V_I \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ සූත්‍රය අනුව).

විභවය පමණක් නොව ධාරාවට ගලා යා හැකි මාර්ග කිහිපයක් තිබෙන විට, ධාරාවද යම් අනුපාතයකින් එම මාර්ගවලට බෙදී යනවා. (KCL හි ඇත්තටම මෙය තමයි සලකා බලන්නේ). වෝල්ටියතාව බෙදී යැමේදී වැඩි ප්‍රතිරෝධී අගය සහිත ප්‍රතිරෝධයේ තමයි වැඩිපුර වෝල්ටියතාවක් රඳවාගන්නේ. එහෙත් ධාරාව සැලකීමේදී ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ දේ සිදුවෙනවා. එනම්, අඩු ප්‍රතිරෝධයක් තිබෙන කොටස හරහා තමයි වැඩි ධාරාවක් ගමන් කරන්නේ (ඕම් නියමය අනුව එය පැහැදිලියිනෙ). පහත රූපය බලන්න. මුලු ධාරාව ($I_t$) $I_1$ හා $I_2$ ලෙස බෙදී යනවා. මෙම බෙදී යන අනුපාතය කුමක්ද? ප්‍රතිරෝධ දෙකෙහි අනුපාතයන්ගේ විලෝමය අනුවයි ඒවා බෙදී යන්නේ. ඒ කියන්නේ මෙහි R1 හි අගය R2 හි අගයට වඩා සියගුණයකින් වැඩි නම්, R2 හරහා ගලා යන ධාරාව R1 හරහා ගලා යන ධාරාවට වඩා සියගුණයකින් වැඩිය. ඒ අනුව පහත රූපයේ දැක්වෙන පරිපථ කොටස සඳහා $I_t = I_1 + I_2 \rightarrow I_t = I_1 + 100I_1$ වේ (R1:R2 අනුපාතය 100:1 විට).




පරිපථ නිර්මාණයේදී වෙනස් වෙනස් අගයන් ලබා දෙන්නේ ප්‍රතිරෝධකවලට බැවින්, ඉහත සම්බන්ධතාව ප්‍රතිරෝධක අගය මත තීරණය වන සූත්‍රයක් ලෙස සකස් කරන විට, පහත ආකාරයේ සූත්‍රයක් ලිවිය හැකියි. හොඳින් බලන්න. මෙම සූත්‍රයෙන් කියන්නේ ලබාදෙන මුලු ධාරාවෙන් කොපමණ ප්‍රමාණයක් R2 සහිත මාර්ගය ඔස්සේ ගලා යනවාද යන්නයි. එහිදී භාග සංඛ්‍යාවේ (අනුපාතයේ) හරය වන්නේ හැමවිටම ගමන් කරන මාර්ග සියල්ලේම ප්‍රතිරෝධි අගයන්ගේ එකතුවයි. ලවයට ලියන්නේ තමන්ගේ මාර්ගයේ ප්‍රතිරෝධි අගය නොවන **අනෙක්** මාර්ගයේ (හෝ මාර්ග කිහිපයේම) ප්‍රතිරෝධි අගයයි. ඒ කියන්නේ R2 හරහා ගලන ධාරාව සෙවීමේදී, ලවයට ලියන්නේ R1 මාර්ගයේ ප්‍රතිරෝධයයි.

$$I_2 = I_t \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

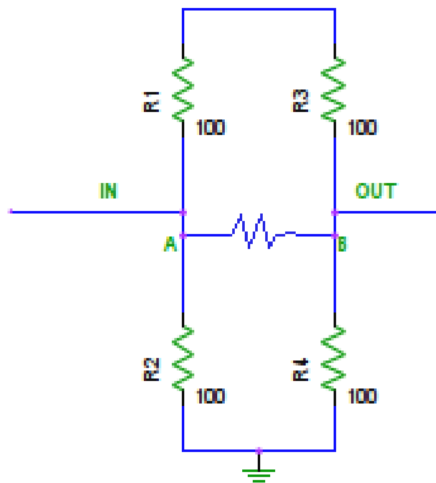
## DC හා AC Analysis සහ Passive හා Active Devices

එහෙත් බොහෝ අවස්ථා තිබෙනවා සංඥා ගමන් කරවීමට මාර්ග සෑදීමේදී එලෙස නිකංම වයර් කැබැල්ලක් පමණක් සවි කළ නොහැකි වන. ඒකට හේතුවක් තිබෙනවා. පරිපථයක හැමවිටම වාගේ විදුලි වර්ග දෙකක් හමු වෙනවා. එකක් නම් සංඥාවේ විදුලියයි. මෙම සංඥා විදුලිය අත්‍යාවශ්‍යයෙන්ම විචලනය වන විදුලියක්. මෙම සංඥා විදුලිය තමයි ප්‍රමුඛ වන්නේ සර්කිට් එකක. එම සංඥා විදුලියට විවිධ දේවල් පරිපථ විසින් සිදු කරනවා. සංඥා විදුලිය පරිපථයකට ඉන්පුට් (ඇතුලු) කළාට පසුව එක් එක් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගයක් හරහා අවසානයේ පරිපථයෙන් අවුට්පුට් වෙනකල් ගමන් කරනවා. අප ඉහත කතා කළේ මෙන්න මෙම සංඥා විදුලිය ගමන් කරන මාර්ගය ගැනයි.

එහෙත් මෙම සංඥා විදුලියට අමතරව තවත් විදුලියක් තිබෙනවා පරිපථවල. එය අත්‍යාවශ්‍යයෙන්ම ස්ථායි ඩීසී විදුලියකි. රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර්, ඉන්ඩක්ටර් වැනි සමහර උපාංග තිබෙනවා කෙලින්ම සංඥා විදුලිය සමග පමණක් වුවද වැඩ කළ හැකි. මෙවැනි ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග passive උපාංග ලෙස හැඳින්වෙනවා. එහෙත් ඉතා වටිනා හෝ සංකීර්ණ දේවල් සිදු කරන ට්‍රාන්සිස්ටර්, අයිසී වැනි උපාංග නිවැරදිව ක්‍රියාත්මක වීමට වෙනමම භාහිර ඩීසී විදුලියක් ඒ උපාංගවලට වෙන වෙනම ලබා දිය යුතුයි. එය හරියට වාහනයකට තෙල් ගානවා බඳුය. වාහනයක් තිබ්බට වැඩක් නැහැනේ තෙල් නැතිනම්. ට්‍රාන්සිස්ටර්වලට මෙලෙස සුදුසු ඩීසී විදුලිය ලබා දීම හඳුන්වන්නේ ට්‍රාන්සිස්ටරයක් බයස් කරනවා යනුවෙනි. අයිසීවලට නම් පින් දෙකක් හෝ වැඩි ගණනක් තිබෙනවා එලෙස භාහිර ඩීසී විදුලිය ලබා දීමට (ට්‍රාන්සිස්ටර් බයස් කිරීමෙන් බලාපොරොත්තු වූ දෙයම සිදු වුවත් එහෙත් අයිසී බයස් කරනවා කියා වචනයක් නම් නැත). ක්‍රියාත්මකවීමට මෙලෙස භාහිර ඩීසී විදුලියක් අවශ්‍ය කරන උපාංග active උපාංග ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඉතිං සුදුසු ස්ථාවර ඩීසී විදුලිය සපයා ක්‍රියාකාරී මට්ටමේ තිබෙන ඇක්ටිව් උපාංගවලට සංඥා විදුලියද යොමු කරනවා. එවිට, එම උපාංග මඟින් තමන් වෙතට යොමු කරපු සංඥා විදුලියට අවශ්‍ය වෙනස්කම් සිදු කරනවා. (මේ ගැන සම්පූර්ණ විස්තර ට්‍රාන්සිස්ටර්

පාඩම්වල දැක්වේවි).

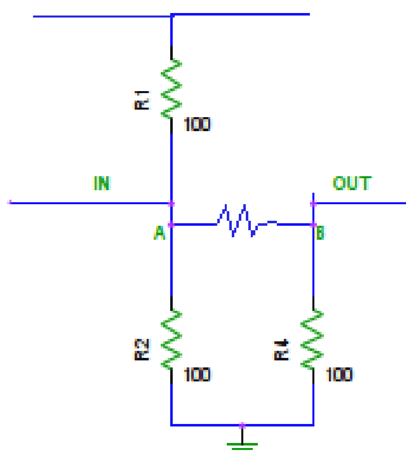
දැන් අප ඉදිරියේ තිබෙන ගැටලුව මෙයයි. ප්‍රථමයෙන්ම, රෙසිස්ටර් සුදුසු ලෙස යොදා ගනිමින් අප ඇක්ටිව් උපාංග සියල්ලම සුදුසු ක්‍රියාකාරි මට්ටමේ තබනවා. ඒ කියන්නේ ඒ ඒ ඇක්ටිව් උපාංගයට අවශ්‍ය විදුලිය (වෝල්ටියතාව හා ධාරාව) අප ප්‍රතිරෝධක මඟින් සාදා ගනු ලබන විභව බෙදීම් යොදා ගනිමින් සෙට් කරනවා (ඉහතදී විස්තර කළ විභව බෙදුම් පරිපථ ගැන හොඳ අවබෝධයක් ලබා සිටිය යුතු ප්‍රධාන කාරණය මෙයයි). එවිට, විභව බෙදුම් පරිපථ කොටස් ගණනාවක් (සමහරවිට සිය ගණනක් වුවද) පරිපථයේ අඩංගු වේවි. එහෙත් එම පරිපථ කොටස් හැම එකක් හරහාම සංඥා විදුලිය ගමන් කරවන්නේ නැහැ. ඒකනේ ඉහතදී පැවසුවේ අපට අවශ්‍ය මාර්ගයේ පමණක් සංඥාව යැවීමට සිදු වෙනවා කියා. ඉතිං ඒ සඳහා ඉහත අප පැමිණි එක් විසඳුමක්නෙ නිකංම අඩු ප්‍රතිරෝධී අගයන් සහිත සන්නායක/වයර් යොදා අපට අවශ්‍ය මාර්ගයට සංඥාව යොමු කිරීම. එහෙත් එසේ කළ නොහැකියි. නිකංම වයර් කොටස් සම්බන්ධ කළොත් ඉන් ඇක්ටිව් උපාංගවලට යෙදූ ඩීසී (බයස්) විදුලි මට්ටම් වෙනස් වෙනවා මොකද සන්නායක/ප්‍රතිරෝධක තුළින් ඩීසී මෙන්ම විචලනය වන විදුලිය (ඒසීද ඇතුලත්) යන දෙකම ගමන් කරනවා. මෙය තමයි තවත් ආකාරයකින් සර්කිට් ලෝඩිං ලෙසින්ද අපට නිතරම කරදර කරන්නේ. අපට ඇත්ත වශයෙන්ම අවශ්‍ය කරන්නෙ පරිපථයේ ඩීසී විදුලි මට්ටම් අවුල්/වෙනස් නොකරන එහෙත් විචලනය වන විදුලිය පමණක් වෙනස් කරන ක්‍රමවේදයක්. දැන් එකවර සිහියට එන ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගය කුමක්ද? ධාරිත්‍රකය නේද? ධාරිත්‍රක හරහා ස්ථාවර ඩීසී විදුලිය ගමන් නොකර විචලනය වන විදුලිය පමණක් ගමන් කරවනවා. පහත රූපය බලන්න (මෙම රූපය කිසිදු ප්‍රයෝජනවත් වැඩක් සිදු නොකරයි; පැහැදිලි කිරීමට පමණක් සකස් කර ඇත).




මොහොතකට සිතන්න A-B ලෙස දක්වා ඇති සන්නායක කොටස නැතැයි කියා. තවද, යම්කිසි අත්‍යවශ්‍ය කරුණක් නිසා ස්ථාවර ඩීසී විදුලිය වෙනස් නොවී තිබිය යුතු යැයිද උපල්පනය කරන්න (එනම්, A ස්ථානයේ වෝල්ට් 5 ක්ද B ස්ථානයේද වෝල්ට් 5 ක් තිබිය යුතු යැයි සිතමු). දැන් පරිපථය සැලසුම් කර තිබෙන්නේ එම කොන්දේසිවලට යටත්වයි. එවිට, මෙහි R1 හා R2 ගත් විට, එතැන තිබෙන්නේ විභව බෙදුමකි. ඉන්පුට් වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 10 නම්, දැන් R2 හරහා වෝල්ට් 5 ක් ඩ්‍රොප් වී ඇත (ඒ කියන්නේ A හි වෝල්ට් 5 ක් තිබෙනවා ඉහත කොන්දේසිය සපුරමින්). එලෙසම R3 හා R4 යන කොටසත් වෙනම ගත් විට, එතැනත් තිබෙන්නේ විභව බෙදුමකි. එහිත් R4 හරහා වෝල්ට් 5 ක් ඩ්‍රොප්වනු ඇත (B ස්ථානයේ වෝල්ට් 5 ක් තිබෙනවා කොන්දේසිය සපුරමින්). මේ කතා කළේ සංඥා විදුලිය ගැන නොව, ස්ථාවර ඩීසී විදුලිය ගැනයි. දැන් සිතන්න IN එකට සංඥා විදුලිය ඇතුලු කරනවා

කියා. එවිට, එම සංඥා විදුලියද සුපුරුදු ලෙසම R1-R2 විභව බෙදුමේ 1:1 අනුපාතයට බෙදී යයි. එහෙත් මෙම කොටසේ සිට ඊළඟ කොටසට සංඥාව යැවීම සඳහා ඉහත පෙන්වා ඇති ආකාරයට A-B සන්නායකයකින් දැන් සම්බන්ධ කරනවා යැයි සිතන්න (එම සන්නායකයේ යම් ප්‍රතිරෝධයක් ඇති බවද සලකන්න). අවශ්‍ය නම් නිකංම සන්නායක කොටසක් වෙනුවට එතැනට රෙසිස්ටරයක් වුවද සම්බන්ධ කළ හැකියි. සංඥාව ගැන නැවත සිත යොමු කරන්න. දැන් පළමු විභව බෙදුමෙන් පිට කළ සංඥාවට තවත් R3-R4 විභව බෙදුමක් හමු වේ. මෙහිදී එම විභව බෙදුමේ අනුපාතය අනුව නැවත සංඥා විදුලිය බෙදේ. එහෙත් දැන් ස්ථාවර ඩීසී විදුලියට කුමක් වේද? සම්පූර්ණයෙන්ම එය විකෘති වෙනවා. ඊට හේතුව සිතාගත හැකිද?

A ස්ථානයට ඊට පසුව ඇති කොටසේ R3-R4 ප්‍රතිරෝධක කොටස පවතින්නේ සමාන්තරගතවයි. ධාරාවක් යම් තැනකින් කොටස්වලට බෙදී යනවා නම් එතැන ඇත්තේ සමාන්තර සම්බන්ධතාවක්. ඒ අනුව A සිට ධාරාවක් B වෙත ගලා යන විට, එම ධාරාව R3 හා R4 ඔස්සේ දෙකට බෙදී යනවා. ඒනිසා R3-R4 දෙක සමාන්තරවයි පවතින්නේ. එම ප්‍රතිරෝධක දෙකේ සමක අගය දැන් ගන්න. මෙම උදාහරණයේ එම ප්‍රතිරෝධක අගයන් දෙක සමාන නිසා, සමක අගය ඉන් භාගයක් ලෙස ගත හැකියි (එනම්, සමක අගය ඕම් 50 කි). දැන් R3-R4 ප්‍රතිරෝධක දෙක වෙනුවට තනි ඕම් 50 ක සමක ප්‍රතිරෝධයක් (Rx) එතැන ඇතැයි සිතන්න (පහත රූපය). මෙහිදී Rx ප්‍රතිරෝධකය හා R2 ප්‍රතිරෝධකය නැවතත් සමාන්තරගත විදියට නේද පිහිටා තිබෙන්නේ? ඒ කියන්නේ සත්‍ය ලෙසම ඕම් 100 යේ R1 ප්‍රතිරෝධකයට යටින් පිහිටන්නේ R2-Rx යන සමාන්තරගතව පිහිටි ප්‍රතිරෝධක දෙකෙහි සමක අගයයි. එම දෙකෙහි සමක අගය ඕම් 33 කි. එවිට, 100:33 යන අනුපාතයයි පවත්නේ. එම අලුත් අනුපාතය අනුව A ස්ථානයේ විභවය $10(\frac{33}{33+100})$ හෙවත් වෝල්ට් 2.5 කි. මෙය පෙර සඳහන් කොන්දේසිය කැඩීමක් නේද? කොන්දේසිය අනුව A හි අනිවාර්යෙන්ම වෝල්ට් 5 ක ස්ථාවර වෝල්ටියතාවක් පැවතිය යුතුයි.




ඇත්තම කිව්වොත් සංඥා විදුලියටත් ඉහත සිද්ධිය සිදු වෙනවා. එහෙත් අවසන් ප්‍රතිඵලය ගත් විට ඉන් විකෘතියක්/වෙනසක් ඇති වන්නේ නැහැ. එය තවදුරටත් පැහැදිලිව පෙන්වන්නම්. සිතන්න වෝල්ට් 1 ක සංඥා විදුලියක් ලබා දෙනවා කියා. එවිට, එම විදුලිය පළමු විභව බෙදුමේදි 1:1 අනුපාතයට බෙදෙනවා. එවිට පළමු කොටසෙන් පිටවන්නේ වෝල්ට් 0.5 ක විදුලියකි. එම 0.5 දැන් දෙවැනි විභව බෙදුමට යැමෙන් එහිදිත් 1:1 අනුපාතයට අනුව බෙදෙනවා. එවිට, දෙවැනි කොටසින් පිට කරන සංඥා

විදුලියේ අගය වෝල්ට් 0.25 කි. එනම්, පරිපථයට ඇතුලු කළ විභවයෙන් 1/4 ක ප්‍රමාණයක් ලෙස කුඩා වී තමයි සංඥා විදුලිය අවසන් වන්නේ. මෙයම දැන් සමක ප්‍රතිරෝධ අගයන් ඔස්සේ සිතමු. සංඥා විදුලියට දැන් වෙන වෙනම විභව බෙදුම් කොටස් පෙනෙන්නේ නැත. ඒ වෙනුවට ඉහතදී පෙන්වා දුන් පරිදි ඕම් 100 හා ඕම් 33 ලෙස පවතින තනි විභව බෙදුමක් තමයි පෙනෙන්නේ. ඒ කියන්නේ වෝල්ට් 1 ක සංඥා විදුලියක් ඇතුලු කළ විට, එම විදුලිය 100:33 යන අනුපාතයට බෙදෙනවා. එවිට, ඉන් පිට වන්නේ නැවතත් වෝල්ට් (33/(100+33) =) 0.25 ක සංඥාවකි. ඒ කියන්නේ පෙර ගණනය කළ ප්‍රමාණයමයි. ඒ කියන්නේ සංඥා විභවයට මොන විදියට එම පරිපථය විග්‍රහ කළත් වෙනසක් නැත.

පරිපථයක් තුළ ඉහත පැහැදිලි කළ ආකාරයේ විදුලි වර්ග දෙක DC (ස්ථාවර විදුලිය) හා AC (සංඥා විදුලිය) ලෙසයි හැඳින්වෙන්නේ. ඉතිං සෑම පරිපථයක්ම විශ්ලේෂණය කරන විට දෙයාකාරයකින් එය කළ හැකියි. එකක් නම් ඩීසී විදුලිය කොහොමද පරිපථය තුළ හැසිරෙන්නේ කියන එක. එයට DC Analysis (ඩීසී විශ්ලේෂණය) ලෙස පැවසෙනවා. අනෙක නම් ඔබට දැනටමත් සිතාගත හැකි පරිදි AC Analysis වේ. එලෙසම, පරිපථයක් නිර්මාණය කරන විටත්, මෙම පැතිකඩ දෙක ගැන වෙන වෙනම සැලකිලිමත් වීමට සිදු වෙනවා (ඉහතදී කළේ මේ දෙක ගැන සැලකිලිමත්වීම තමයි).

ඒ විතරක්ද නෙමේ; ඒසී හා ඩීසී විදුලි දෙක වෙන වෙනම දැක්වීමට අප යම් නිරූපණ ක්‍රමත් උපයෝගී කොට ගන්නවා. සාමාන්‍යයෙන් ඩීසී විදුලි රාශින් කැපිටල් අකුරින්ද, ඒසී රාශින් සිම්පල් අකුරින්ද දක්වනවා. උදාහරණ ලෙස, යම් උපාංගයකට යොදන ඩීසී වෝල්ටියතාව කැපිටල් වී අකුරින් (V) දක්වන අතර, ඒසී වෝල්ටියතාව සිම්පල් වී අකුරින් (v) දක්වනවා. එලෙසම ඩීසී රාශින්, I (ධාරාව), P (ජවය), R (ප්‍රතිරෝධය) ලෙසද, ඒසී රාශින්, i (ධාරාව), p (ජවය), r (ප්‍රතිරෝධය) ලෙසද දැක්වෙනවා. ඩීසී රාශින්/අගයන් Large Signal රාශින්/අගයන් ලෙසත් ඒසී රාශින්/අගයන් Small Signal රාශින්/අගයන් හෝ Incremental රාශින්/අගයන් ලෙසත් හැඳින්වෙනවා.

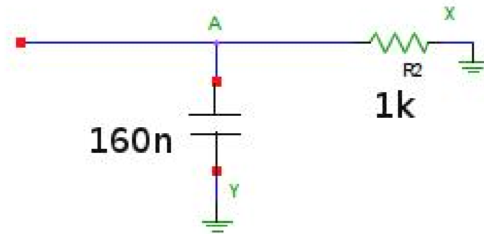
මේ අනුව, ඩීසී විශ්ලේෂණයේදී පරිපථයේ ඇති සෑම කැපැසිටර් එකක්ම නැතැයි සිතනවා පමණක් නොවේ, කැප් එක තිබෙන විදුලි කොටසම/මාර්ගයම සම්පූර්ණයෙන්ම නොසලකා හරිනවා (එය පහසුවෙන්ම ඔබට කළ හැකියි කැප් සියල්ලම පරිපථයෙන් මකා දැමීමෙන්). කැප් එක යනු පාලමකට උපමා කළොත්, එය හරියට පාලම කඩා දැමුවාක් බඳුය. එවිට පාලම හරහා එහා මෙහා යා නොහැකියිනේ.

## කප්ලිං හා ඩිකප්ලිං

ඒ අනුව අපේ මුල් ප්‍රශ්නයට නැවත යොමු වෙමු. ප්‍රශ්නය වූයේ පරිපථයේ ඩීසී විදුලිය අවුල් නොකර, විචලනය වන විදුලියට පමණක් ගමන් කිරීමට හැකි විදුලි මාර්ග සාදන්නේ කෙලෙසද යන්නයි. ඒ සඳහා ධාරිත්‍රක උපයෝගී කරගන්නට හැකියි. එනම්, සංඥා ගමන් කරවීමට වයර් කැබැල්ලකින් අලුත් අඩු ප්‍රතිරෝධයක් සහිත පාරක් සාදනවා වෙනුවට, ධාරිත්‍රකයක් යොදා එම පාර සෑදිය යුතු වෙනවා. එවිට ස්ථාවර ඩීසී විදුලිය ඒ හරහා ගමන් නොකර විචලනය වන විදුලිය පමණක් ගමන් කරවයි. පරිපථය නිර්මාණය කරන කෙනා දන්නවා ගමන් කරන සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය (එනම්, ගමන් කරන සංඥාවේ උපරිම හා අවම සංඛ්‍යාතයන් දෙක). ඒ අනුව ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාදක සූත්‍රය යොදාගෙන සංඥාවේ සංඛ්‍යාතයන්ට අඩු ප්‍රතිරෝධිතාවක් ලැබෙන සේ යෙදිය යුතු ධාරිත්‍රකයේ අගය නිර්ණය කළ හැකියි. පහත රූපය බලන්න (ඉහත උදාහරණයට ගත් පරිපථයකි මෙය). මෙහි ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිභාදකය උපරිම වශයෙන් ඕම් 100 විය යුතුය (එය 1000 ඕම් ප්‍රතිරෝධකයෙන් 1/10 කි). එම පරිපථයේ ගමන් කරන

සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 10000 ලෙස සිතමු. එවිට, යෙදිය යුතු ධාරිත්‍රකයේ අගය වන්නේ,

C = 1/(2πfR) = 1/(2 x 3.14 x 10000 x 100) = 160nF වේ.

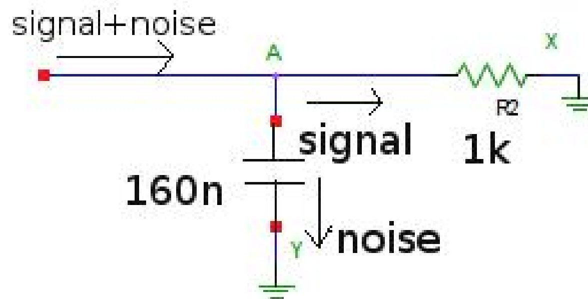



මෙවැනි අරමුණකින් (එනම් සිග්නල් එකක් ගමන් කරන මාර්ගය වෙනස් කිරීම හෙවත් සිග්නල් එකක් තවත් තැනකට යොමු කිරීම) ධාරිත්‍රකයක් යොදා ගන්නා විට, එම ධාරිත්‍රකය coupling capacitor ලෙස හැඳින්වෙනවා. බොහෝවිට ඉතා කුඩා ධාරිතා අගයන් සහිත ධාරිත්‍රක තමයි මේ සඳහා යොදා ගන්නේ. එනිසා හොඳ කොලිටියෙන් යුත් සෙරමික් හෝ පොලිමර් ෆිල්ම් ධාරිත්‍රක යොදන්න. මා දැක තිබෙනවා මෙවැනි තැන්වලට අනවශ්‍ය මෙන්ම කිසිසේත් නුසුදුසු ඊකැප් පවා යොදනවා. සංඥා විදුලියක් යනු ඒසී විදුලියක් බදුයි. ඉතිං එවැනි කැප් සුදුසු නැති බව ඊකැප් ගැන සාකච්ඡා කළ අවස්ථාවේදීත් සඳහන් කළා. එහෙත් බැරිවෙලාවත් විශාල ධාරිතාවක් සහිත කැප් යෙදීමට සිදු වුවොත් නම් ඊකැප් යෙදීම හැර වෙන කරන්න දෙයක් නැති වෙනවා. එහෙත් ඒවා පවා යෙදිය හැක්කේ එක් කොන්දේසියක් මතයි. එනම් ඒසී විදුලියේ (හෙවත් සංඥා විදුලිය) පීක් වෝල්ටේජ් එක ($V_P$) වෝල්ට් එකට වඩා අඩු විය යුතුයි. එසේ නොවුණොත් ඊකැප් එක පිලිස්සී යාවි.

බලන්න කප්ලිං කැප් එකක් විසින්ද සිදු කරන්නේ සුපුරුදු ෆිල්ටර් ක්‍රියාවලියක්. ධාරිත්‍රකයත් ප්‍රතිරෝධකයත් අතර විභව බෙදුමක් තමයි එහි ඇති වෙන්නේ. ට්‍රාන්සිස්ටර් ආදිය සමග තමයි මේවායේ නියම ප්‍රයෝජනය දිස් වන්නේ (එහෙත් ට්‍රාන්සිස්ටර් ගැන තවම අප එතරම් කතා කර නොමැති නිසා වැඩි දුර විස්තර කරන්න බලාපොරොත්තු නොවේ). පරිපථ සාමාන්‍යයෙන් නිර්මාණය කරන්නේ අධියරෙන් (stage) අධියරයටයි. හරියට තට්ටු ගොඩනැඟිල්ලක් සාදානවා බදුය. ඉතිං එක් ස්ටේජ් එකකින් අවුට්පුට් වන සිග්නල් එක ඊට පසු ස්ටේජ් එකට ඉන්පුට් කරන්නේ බොහෝවිට මෙවැනි කප්ලිං කැප් එකක් හරහාය. ඒසී විදුලිය "කප්ල්" (couple යන ඉංග්‍රිසි වචනයේ විවිධ තේරුම් අතර එකක් තමයි "දෙකක් එකට සම්බන්ධ කරනවා" යන්න) කරනවා යනුවෙන් පවසන විට, එහි තවත් දෙයක් සිදුවෙනවා නේද? එය තමයි ඩීසී විදුලිය බ්ලොක් කිරීම. එම අරුතින් ගෙන, ඉහත කප්ලිං කැප් එකම DC-blocking cap ලෙසත් හැඳින්වෙනවා.

ඉහත පෙන්වා දුන්නේ අත්‍යවශ්‍ය සංඥාව අවශ්‍ය මාර්ග ඔස්සේ යැවීමට කප්ලිං කැප් භාවිතා කරන හැටියි. ඔබ දන්නවා සංඥාව සමග විවිධ ඝෝෂාද ගමන් කරනවා. එම ඝෝෂා සාමාන්‍යයෙන් ඉවත් කරනවා (ෆිල්ටර් මඟින්). අධිසංඛ්‍යාත ඝෝෂා (hissing වැනි) ඉවත් කිරීමට ලෝපාස් ෆිල්ටරයක් භාවිතා කළ හැකියි. අවසංඛ්‍යාත ඝෝෂා (humming, popping වැනි) ඉවත් කිරීමට හයිපාස් ෆිල්ටරයක් භාවිතා කළ හැකියි. ඇත්තටම මෙහිදී වන්නේ, සංඥාව සමග මුසුව ඇති ඝෝෂාවට අඩු

ප්‍රතිරෝධී අගයක් සහිත පහසු පාරක් සාදා දීමයි. එවිට, එම ඝෝෂාව පමණක් සංඥාවෙන් වෙන්ම එම අඩු ප්‍රතිරෝධී මඟ ඔස්සේ ගමන් කරනවා. ප්‍රායෝගිකව මෙහිදී සිදු වන්නේ සංඥාවෙන් ඝෝෂාව ගලවා තවදුරටත් පරිපථය ඔස්සේ ඉදිරියට එය ගමන් කිරීමට ඉඩ නොදෙනු පිණිස එම ඝෝෂාව ග්‍රවුන්ඩ් එකට ෂෝට් කිරීමයි. එවිට, “හැරෙන තැපැලෙන්ම ඝෝෂාව ආපසු හැරවේ".



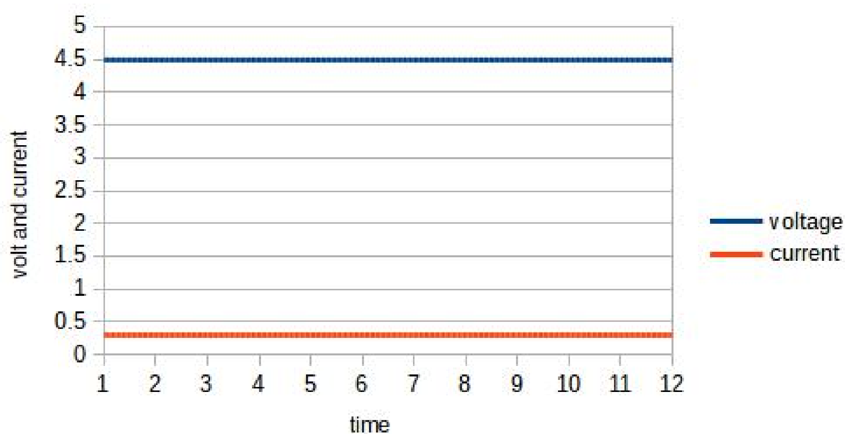

හැබැයි මෙහිදී එම කාර්ය සිදු කළ කැප් එක decoupling cap ලෙස හැඳින්වෙනවා (ඩිකප්ල් යනු කප්ල් යන්නෙහි විරුද්ධ තේරුමයි; එනම් සම්බන්ධව ඇති දෙකක් වෙන් කිරීම යන තේරුම decouple යන්නට ඇත). ඇත්තටම මෙයත් ඉහත කතා කළ කප්ලිං කැප් එකේ වැඩේමයි නේද කළේ? එහෙනම් ඇයි ඊට සපුරා විරුද්ධ තේරුම සහිත නමකින් එය හැඳින්වෙන්නේ? ඊට සරල පිළිතුරක් ඇත. කප්ලිං කැප් යොදන්නේ සංඥාව ගමන් කරවීමටයි. එහිදී තවදුරටත් සංඥාව නිවැරදි මඟකටයි සෙට් කළේ. එහෙත් ඩිකප්ලිං කැප් යොදන්නේ ඝෝෂාව ගමන් කරවීමටයි. එහිදී ඝෝෂාව පරිපථයෙන් ගලවා දැමීමමයි සිදු කළේ. මේ දෙක හඳුනා ගැනීමට තවත් ක්‍රමයක් ඇත. කප්ලිං කැප් එකක් සංඥාව ගමන් කරන මාර්ගයට ශ්‍රේණිගතවයි සම්බන්ධ වන්නේ (මොකද සංඥාවට පාලමක් විදියටයි එය පවතින්නේ). එහෙත් ඩිකප්ලිං කැප් එකක් හැමවිටම සංඥාව ගමන් කරන මාර්ගයට සමාන්තරගතව පවතිනවා (මොකද එය සංඥාව ගමන් කරන මාර්ගෙන් ග්‍රවුන්ඩ් එකටයි හැමවිටම සම්බන්ධ වන්නේ). ඩිකප්ලිං කැප්වලටමයි bypass cap කියා පවසන්නෙත් (බයිපාස් යන්නෙහි තේරුම "වෙනත් මඟක යැම" යන්නයි). ඩිජිටල් සර්කිට්වල ඔබට බොහෝ කැප් තිබෙන දැකිය හැකි වෙනවා. පරිගණකයක මදර්බෝඩ් එකක් ගෙන බලන්න. සිය ගණන් කැප් පෙනෙනු ඇත. ඔබ දන්නවාද මේ කැප් සියල්ලම වාගේ ඩිකප්ලිං කැප්. ඊට හේතුව ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පාඩම්වලදී පෙන්වා දෙන්නම්.

## විදුලිය සුමට කිරීම

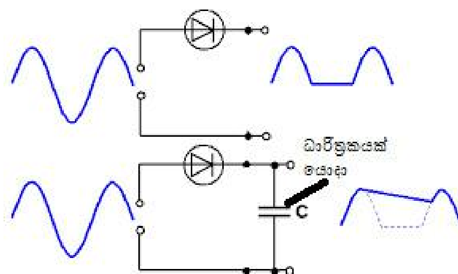
කැප් නැතිවම බැරි තවත් අවස්ථාවක් තමයි විදුලි සැපයුම් (power supply). ඔබ දන්නවා ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණ සෑම එකක්ම වැඩ කිරීමට ස්ථාවර ඩීසී විදුලියක් අවශ්‍ය කරනවා. සූත්‍රිකා බල්බ, හීටර්, ඒසී මෝටර් වැනි අවස්ථා කිහිපයක පමණයි කෙලින්ම ඒසී විදුලිය සැපයිය හැක්කේ. එහෙත් ඒ කිසිවක් ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථ නොව, ඉලෙක්ට්‍රිකල් පරිපථ බවද මතක තබා ගන්න. ඉතිං ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපකරණ අතරින් සෙල්ලම් බඩු, රිමෝට් කන්ට්‍රෝලර්, ඔරලෝසු, මොබයිල් ෆෝන් ආදී ලෙස උපකරණ ටික ප්‍රමාණයක් පමණයි බැටරි මඟින් වැඩ කරන්නේ. බැටරි යනු සාපේක්ෂව

හොඳ ඩීසී විදුලියක් ලබා දෙන විදුලි ප්‍රභවයක්. එහෙත් විදුලි ශක්තිය වැඩියෙන් අවශ්‍ය උපකරණවලට ඒවා යෝග්‍ය නොවේ. වියදමද අධිකයි. එනිසා මෙවැනි අවස්ථාවලත් අප යොදා ගන්නේ ප්‍රධාන ඒසී විදුලියමයි. එහෙත් පළමුවෙන්ම මෙම විදුලිය ඩයෝඩ යොදාගෙන ඩීසී විදුලියක් බවට පත් කළ යුතුයි (ඩයෝඩ ගැන තවම අප කතා කර නැත). එම ක්‍රියාවලිය ඉතාම සරල හා ලාභදායකයි. සෘජුකරණය (rectification) යන නමින් එම ක්‍රියාවලිය හැඳින්වෙනවා.

ඩයෝඩවලින් සෘජුකරණය වූ විදුලිය හොඳ කොලිටියෙන් යුතු ඩීසී විදුලියක් නොවේ. ඩීසී විදුලිය හොඳ කොලිටියෙන් යුක්ත නම්, ධාරාව/වෝල්ටියතාව පහත ප්‍රස්ථාරයේ ආකාරයට කාලයට සාපේක්ෂව ස්ථාවර විය යුතුය. කාලයත් සමග වෝල්ටියතාව හා ධාරාව නොවෙනස්ව ගමන් කරයි.




එහෙත් ඩයෝඩවලින් ලැබෙන ඩීසී විදුලියේ පෙනුම පහත ආකාරයට වේ. මෙවැනි "ගැස්සෙන" ඩීසී විදුලියක් pulsating DC විදුලියක් ලෙසයි හැඳින්වෙන්නේ. මෙම ගැස්සෙන ගතිය නැති කිරීමට තමයි කැප් යෙදීමට සිදු වන්නේ. බලන්න ඩයෝඩය වෙතට පැමිණෙන්නේ ඒසී විදුලියි. එහෙත් ඩයෝඩය තුලින් එම විදුලිය ගමන් කිරීමේදී එහි එක් පසකට පමණයි විදුලිය ගමන් කරවන්නේ. ඒ කියන්නේ දැන් එය ඩීසී විදුලියක්. එහෙත් මෙය ගොඩක් ගැස්සෙන (පල්සේටිං) ඩීසී විදුලියක්. කැප් එක යෙදීම නිසා එම ගැස්සෙන ගතිය විශාල ලෙස අඩු වේ.

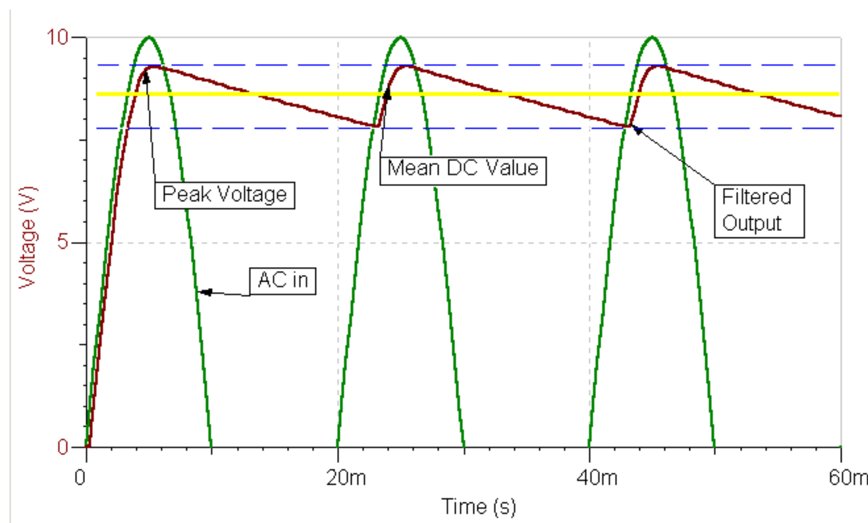



කැප් යොදන්නේ ෂන්ට් ක්‍රමයටයි (එනම්, විදුලිය ගමන් කරන (+ හා - ) ලයින් දෙක එකිනෙකට සම්බන්ධ කරමින්) (ඉහත රූපය). මෙහිදී සිදු වන්නේ කුමක්ද කියා තර්ක කර බලන්න. විදුලිය ගමන් කිරීමට පෙර කැප් එක තිබෙන්නේ සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වෙලාය. එහෙත් විදුලිය ගමන් කරන්නට

පටන් ගත් විගසම ධාරිත්‍රකය චාජ් වෙනවා සුපුරුදු ලෙසම. එහෙත් එය චාජ්වන උපරිම වෝල්ටියතාව කුමක්ද? සපයන වෝල්ටියතාව උඩ යට යන නිසා කැප් එකේ උපරිම වෝල්ටියතාව ඊට අනුරූපව වෙනස් වෙනවා. එහෙත් කැප් එක ඊට වඩා දෙයක් මෙහිදී සිදු කරනවා.

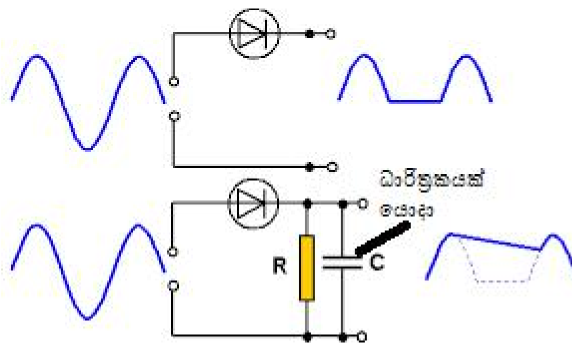
එනම්, කැප් එක ඉහළම වෝල්ටියතා අගය දක්වා චාජ් වුණා යැයි සිතන්න. දැන් එම උපරිම අගයේ සිට තරමක් පහළ අගයකට සැපයුම් වෝල්ටියතාව ගමන් කරන විට, හොඳින් චාජ් වෙලා තියෙන ධාරිත්‍රකය විසින් එම බැසගෙන යන වෝල්ටියතාවට "තමන්ගේ අතින් දමා" වෝල්ටියතාව පල්ලම් බසින එක වලක්වන්නට උත්සහ කරනවා. කැප් එක මෙවිට ඩිස්චාජ් වෙනවා. එමඟින්, එකවර වෝල්ටියතාව පහල බැසීම වැලකෙනවා. ටික වෙලාවකට පසුව, සැපයුම් විභවය නැවත ඉහළ අගයකට ගමන් කරනවා. සැපයුම් විභවය එසේ ගමන් කළත්, ධාරිත්‍රකය දැන් තරමක් ඩිස්චාජ් වෙලා තියෙන නිසා ධාරිත්‍රකය විසින් එම ඉහළ යන කොටස ටික වේලාවක් "උරා ගන්නවා". එවිට, පිටතට යන විදුලියේ එම ඉස්සීම හෙවත් සැපයුම් වෝල්ටියතාවේ නැඟගෙන යෑම එකවර පෙනෙන්නේ නැත. මෙන්න මේ විදියට කැප් එක විසින් වෝල්ටියතාවෙ ඉහලට යන කොටසින් විශාල පංගුවක් තමන් උරාගෙන විශාල ඉස්සීමක් ඇති නොකරද, පහලට යන කොටස පැමිණි විට, තමන් උරාගත් විදුලියෙන් කොටසක් පිට කිරීමෙන් එම පල්ලම අඩු කරයි. මෙය හරියට වාහනයක ගැස්සීම අඩු කිරීමට භාවිතා කරන ෂොක් ඇබ්සෝබර් එක වගේ. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකය විසින් සැපයුම් වෝල්ටියතාවේ ගැස්සීම සුමට කරනවා. උපමාවක් ඇසුරින් මෙය කදිමට පැහැදිලි කළ හැකියි. සිතන්න යම් පාරක් කඳුගැටි හා වලවල් සහිතයි කියා. ඔබ කරන්නේ එම කඳු කොටස් කපා, එම පස්වලින්ම වලවල් පුරවන එකයි. එවිට පහසුවෙන්ම පාර සුමට/ෆ්ලැට් වෙනවා.

වෝල්ටියතාවේ ගැස්සීම අවම කිරීම "සුමට කිරීම" (smoothing) ලෙස හැඳින්වෙනවා. එමනිසා සුමට කිරීමේ අදහසින් යොදන කැප් smoothing cap හෝ reservoir cap ලෙස හැඳින්වෙනවා. සුමට කළත් තවමත් කුඩා ගැස්සීමක් එහි පවතිනවා. මෙම ගැස්සීම රැලි (ripple) ලෙස හැඳින්වෙනවා. පහත රූපයේ දුඹුරු පාටින් පෙනෙන්නේ මෙම රිප්ල් වෝල්ටියතාවයි. හැමවිටම ස්මූතිං කැප් එකේ වෝල්ටියතාව විදුලි තරංගයේ පීක් අගයට සමාන හෝ වැඩි විය යුතුමය (එහෙම නැතිව විදුලි තරංගයේ RMS අගය නොවේ සලකන්නේ).



තවද, කැප් එක හා භාහිරින් සවි කරන උපකරණය (භාරය) යන දෙක සැලකූ විට, ඒ දෙක ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධතාවකින් පවතී. එනිසා, RC කාල නියතය කරලියට පැමිණේ. එනිසා ස්මූතිං කැප් එකක් යෙදීමේදී බරපතල කොන්දේසියක් වන්නේ "(භාර ප්‍රතිරෝධය)x(ධාරිත්‍රක අගය)" විදුලි සංඛ්‍යාතයේ පරස්පරයට (1/විදුලි සංඛ්‍යාතය) වඩා ඉතා විශාල විය යුතුය. මෙය සංකේතාත්මකව $R_LC$ >> 1/f ලෙස ලියනවා. මෙම කොන්දේසිය කැඩුවොත් සිදුවන දේ ඔබට තර්ක කර සිතා ගත හැකියි. විදුලි සංඛ්‍යාතයේ පරස්පරය යනු එක් තරංගයක ආවර්ථ කාලයයි. කාල නියතය මෙම කාලයට සමාන හෝ අඩු වුවොත් කුමක් සිදු වේද? ඉක්මනින්ම ධාරිත්‍රය ඩිස්චාජ් වෙලා යාවි පිල්ටර් කිරීම කළ නොහැකි වන ලෙසට. එය හරියට සුපර්මාකට් එකට ගිහින් ගත්තු බඩුවලට සල්ලි ගෙවන්න අතේ සල්ලි නැති වෙනව වගේ වැඩක්.

ස්මූතිං කැප් එකක් සමගම (ඊට සමාන්තරව) රෙසිස්ටරයක්ද යොදනු සමහරවිට දක්නට ලැබෙනවා. මෙය සිදු කරන්නේ ඉහල වෝල්ටියතා සහිත පවර් සප්ලයිවලයි. මෙම රෙසිස්ටර් bleeder resistor ලෙස නම් කෙරෙනවා. එසේ රෙසිස්ටරයක් දැමීමට හේතුව මෙයයි. මෙවැනි ස්මූතිං කැප් බොහෝවිට පවතින්නේ චාජ් වෙලාය. සිතන්න පවර් සප්ලයි එකට සෙට් කරල තියෙන උපකරණය ගැලෙව්වා හෝ ගැලවුණා හෝ පිච්චුනා කියල (පවර් සප්ලයි එක ඕෆ් කරන්නට පෙර). එතකොට ධාරිත්‍රකය සම්පූර්ණයෙන්ම චාජ් වෙලා පවතිනවා. ඉන්පසු පවර් සප්ලයි එක ඕෆ් කළත් දිගටම මෙම චාජ් එක පවතීවි. මෙම චාජ් එක ඩිස්චාජ් වෙන්නේ බොහොම සෙමින්ය (විශේෂයෙන් ඩයෝඩ හරහා අනෙක් පසට විදුලිය ගමන් නොකරන නිසා). බොහෝවිට පැය ගණන් යනවා. මෙය විදුලි කම්පන/ෂොක් ඇති කළ හැකි අනතුරුදායක තත්වයක්. එය වැලැක්වීමටයි බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයක් යොදන්නේ. කිසිදු උපකරණයක් නොමැති විටක චාජ් වෙච්ච ධාරිත්‍රකයට දැන් තමන් ගබඩා කරගෙන තිබෙන ආරෝපණ ගලා යැමට මාර්ගයක් තිබෙනවා. මෙම ආරෝපණ බ්ලීඩර් ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගොස් ධාරිත්‍රකය තත්පර ගණනාවක් තුල ඩිස්චාජ් වෙනවා. පහත රූපයේ R වලින් දැක්වෙන්නේ බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයයි.



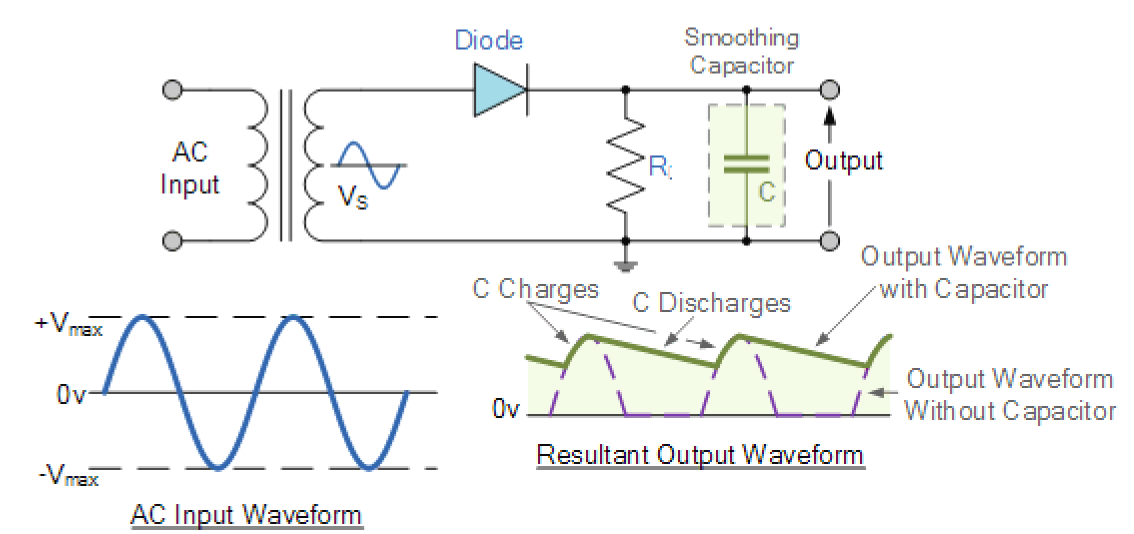

මෙම බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයේ අගය තීරණය කරන්නේ කෙසේද? එය හැකි ඉක්මනින් ධාරිත්‍රකය ඩිස්චාජ් කිරීමට හැකි වීම පිණිස කුඩා විය යුතුය. (T=RC මතකද?) එහෙත් කුඩා ප්‍රතිරෝධක අගයක් ඇති විට, පවර් සප්ලයි එක ක්‍රියාත්මකව පවතින කාලය තුල විශාල ධාරාවක් නිකරුණේ ගමන් කර තාප උත්සර්ජනය ලෙස විදුලි ශක්තිය හානි කරයි. එය වැලැක්වීමට නම්, හැකි තරම් විශාල ප්‍රතිරෝධයක් දැමිය යුතුය. ඉතිං එක් හේතුවක් නිසා අගය අඩු කළ යුතු වුවත් තවත් හේතුවක් නිසා අගය වැඩි කළ

යුතු තත්වයක් උදා වී ඇත. එනිසා තාප උත්සර්ජනය අවම වීම පිණිස තරමක විශාල අගයක් ගැනීම සුදුසුය. ධාරිත්‍රකය තත්පර 30 කින් පමණ ඩිස්චාජ්වෙන තරමට අගය තැබිය හැකියි. මෙහිදී කාල නියත 5 ම සැලකීම අවශ්‍ය නැත. සමහරවිට කාල නියත 4 ක් හෝ 3 ක් පමණක් සැලකීම ප්‍රමාණවත් වේ. කාල නියත තුනකට පමණ පසුව කොහොමත් ධාරිත්‍රකය අනතුරුදායක නොවන මට්ටමට ඩිස්චාජ් වී තිබෙනු ඇත. ඇත්තටම අතිවිශාල ධාරිතාවන් සහිත කැප් හා අධිවෝල්ටියතා සපෝට් කරන කැප් යොදන විට (පවර් සප්ලයිවල හෝ වෙනත් තැනක), මෙවැනි සුදුසු බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයක් යෙදීම සුදුසුය (බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයේ අගය අදාල සර්කිට් එක අනුව ඔබටම තීරණය කරන්නට වෙනවා). සංඥා ගමන් කරන මාර්ගවල තිබෙන ධාරිත්‍රකවලට කිසිවිටක බ්ලීඩර් ප්‍රතිරෝධක දමන්නේ නැත (එම ධාරිත්‍රක චාජ්වී පැවතියත් කිසිම විදුලි ෂොක් එකක් ඇති නොවන තරමට ඒවා විභවයෙන් මෙන්ම ගබඩා කර ගෙන ඇති ශක්තියෙන්ද කුඩාය).

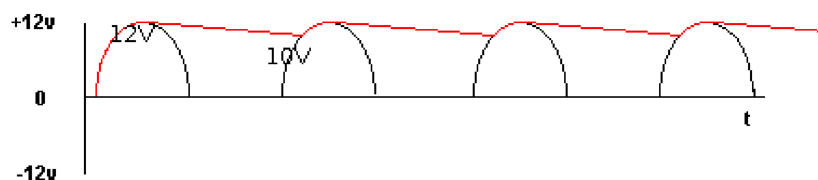
පවර් සප්ලයි වල භාවිතා වන ස්මූතිං කැප් විශාල ධාරිතා අගයකින් යුක්තයි. එවිට, ඊට ගබඩා කර ගත හැකි විදුලි ශක්ති ප්‍රමාණය වැඩියි. එසේ ගබඩා කර ගත් විදුලිය තමයි කැප් එක විසින් සුමට කිරීමේදී නැවත පිටතට ලබා දෙන්නේ. මේ නිසා ස්මූතිං කැප් ලෙස නිතරම යොදන්නේ ඊකැප්ය. ධණ ඍණ මාරු නොවන නිසා කදිමට ගැලපේ. තවද, ඊකැප්වල තරමක කාන්දු ධාරාවක් පවතී. එක අතකින් එයත් මෙහිදී යහපත් ගුණයකි. මොකද බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයක අවශ්‍යතාව අඩු වේ. චාජ් වෙච්ච කැප් එක විදුලිය විසන්ධි කළ පසු කාන්දු ධාරා ගලා යෑම නිසාම ඉබේම සෙමින් සෙමින් ඩිස්චාජ් වේ. එලෙස ඩිස්චාජ්වන වේගය මදි නම්, බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයක් දමන්න. කාන්දු වන ධාරා ප්‍රමාණය දන්නේ නම් ඔබට එය සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වීමට ගත වන කාලය දළ වශයෙන් සෑදිය හැකියි. ඒ සඳහා ධාරාව = ආරෝපණ/කාලය, යන සූත්‍රය අවශ්‍ය වේ. උදාහරණයක් ලෙස, කාන්දු ධාරාව මිලිඇම්ප් 0.1 නම්ද, වෝල්ට් 230 ක විභවයකට සම්බන්ධිත මයික්‍රොෆැරඩ් 10 ක කැප් එකක් කාන්දු ධාරාව හේතුවෙන් සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වීමට ගත වන කාලය කොපමණද? Q=CV නිසා, ධාරිත්‍රකයේ ආරෝපණය = (0.00001)(230) = කූලෝම් 0.0023 කි. ඒ අනුව, (0.0001A) = (0.0023C)/කාලය → කාලය = (0.0023)/(0.00001) = තත්පර 230 ක් හෙවත් දළ වශයෙන් විනාඩි 4 කි. මතක තබා ගන්න මෙය හුදෙක්ම දළ අගයක් පමණි. නිවැරදිව මෙම කාලය මැනීමට අවශ්‍ය නම්, ධාරිත්‍රකයේ (ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකේ) ලීක් රෙසිස්ටන්ස් එක දැන ගැනීම අවශ්‍ය වේ. එය දන්නේ නම්, සුපුරුදු T=RC සූත්‍රය අනුව කාල නියතය ගණනය කර, එවැනි කාල නියත 5 ක් තුළ ඊකැප් එක සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වේ යනුවෙන් නිගමනය කළ හැකියි.

ධාරිත්‍රකය විශාල අගයක් ගත යුතු වුවත්, නිශ්චිතවම එම අගය තීරණය කරන්නේ කෙසේද? එයද ඉතාම පහසුය සොයා ගැනීමට. පහත රූපය බලන්න. මෙය ඔබ මීට පෙර දුටු රෙක්ටිෆයර් සර්කිට් එකම තමයි (මෙහි R යනුවෙන් සංකේතවත් කර ඇත්තේ බ්ලීඩර් රෙසිස්ටරයකි). මෙවැනි තනි ඩයෝඩයක් පමණක් යොදාගෙන ඍජුකරණය කරන විදුලි half-wave rectification (අර්ධ තරංග ඍජුකරණය) ලෙස හැඳින්වෙනවා. මෙය එතරම් ගුණාත්මක ඍජුකරණයක් නොවේ. එහෙත් මේ ගැන අපි ඉගෙන ගමු. සාමාන්‍යයෙන් වෝල්ට් 230 ක් වන ප්‍රධාන ඒසී විදුලිය අවකර ට්‍රාන්ස්ෆෝමර් එකක් මඟින් වෝල්ට් 15 ක්, 20 ක් වැනි තමන්ට අවශ්‍ය අඩු වෝල්ටියතාවකට පත් කර ගන්නවා (මේ ගැන වැඩිපුර විස්තර පසු පාඩමක ඇත). එම අඩු ඒසී වෝල්ටියතාව තමයි ඩයෝඩය හරහා යෑමේදී එම තරංගයේ

එක් අර්ධයක් කැපී ගොස් සෘජුකරණය වන්නේ. එවිට, පිටතට ලැබෙන විදුලි තරංගයේ පවතින්නේ තරංගයේ අර්ධයක් පමණයි (අර්ධ-තරංග සෘජුකරණය යන නම ලැබෙන්නේ මෙලෙසයි).




ඉහත රූපයේම යටින් දැක්වෙනවා එම අර්ධ තරංග ඩීසී විදුලිය. විදුලියේ සංඛ්‍යාතය (ලංකාවේ) හර්ට්ස් 50 කි. මෙහිදී සෘජුකරණය වූ ඩීසී තරංගයද හර්ට්ස් 50 සහිතව ස්පන්දනය වෙනවා; ඒ කියන්නේ අර්ධ-සෘජුකරණය වූ විදුලියේ සංඛ්‍යාතයද හර්ට්ස් 50 වේ. සෘජුකරණයට ලක් වූ හර්ට්ස් 50 ඡේ තරංග ස්වරූපය දෙස බලන්න (කැප් එකක් නැති විට) - ඉහත දකුණු යට පැත්තේ දම් පාට කඩ ඉරිවලින් ඇඳි තරංගය. එහි තරංගයේ එක් අර්ධයක් තුළ විදුලයක් ඇත. අනෙක් අර්ධය තුළ කිසිම විදුලියක් නැත. මෙම කිසිම විදුලියක් නැති කාලය විදුලියෙන් පුරවන්නයි කැප් එක යොදන්නේ. පහත රූපයේ දැක්වෙන සේ එක් තරංගයක පීක් එකේ සිට අනෙක් තරංගයේ පීක් එක දක්වා කාලය තමයි අප සලකන්නේ. හොඳින් බැලුවොත් සම්පූර්ණ අර්ධ තරංගයකුත් තවත් තරංගයකින් ¼ කොටස් දෙකකුත් මෙම පිරවීමට ඇතුලත් වෙනවා. ඒ කියන්නේ ඇත්තටම අපට සම්පූර්ණ තරංගයක් (½ + ¼ + ¼) පිරවීමට තිබෙනවා.

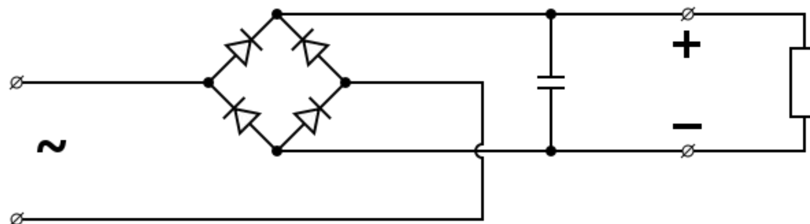



පළමුව එම කාලය ගණනය කරන්න. ඔබ දන්නවා තරංගයේ සංඛ්‍යාතය (හර්ට්ස් 50). එවිට එක් තරංගයක් සඳහා ගතවන කාලය = 1/50 හෙවත් මිලිතත්පර 20 කි. ඉහත පෙනෙන විදියට විදුලි තරංගයේ පීක් එකේ අගය අප දන්නවා (වෝල්ට් 12 මෙම උදාහරණයේදී). එම රතු රේඛාව ක්‍රමයෙන් පහලට ගමන් කරන බවක් පේනවා. ඒ කියන්නේ මිලිතත්පර කිහිපයකට පසුව එය පීක් අගයට වඩා අඩු යම් වෝල්ටියතාවක් දක්වා අඩු වෙනවා. එම අගය කුමක් විය යුතුදැයි තීරණය කරන්නේ ඔබයි. මෙම පවර් සප්ලයි එක සම්බන්ධ කරන උපකරණයට අවශ්‍ය අවම වෝල්ට් ගණනට සමාන හෝ ඊට

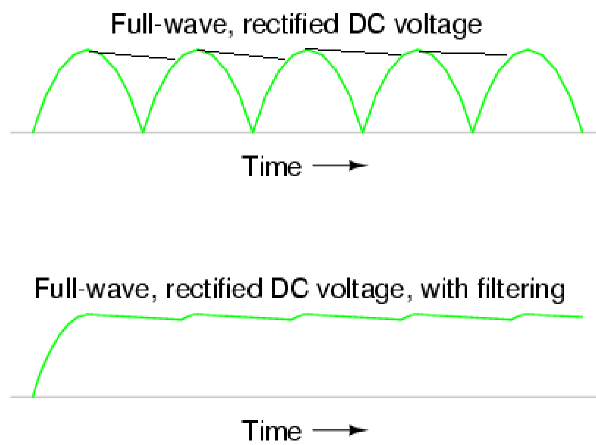
වඩා වැඩි අගයක් විය යුතුයි. මෙම උදාහරණය සඳහා සිතමු එය වෝල්ට් 10 ක් විය යුතු බව. මෙවිට පරිපථය ඔන් එකේ තිබෙන විට, කැප් එක වෝල්ට් 10 ට අඩුවෙන් පහල නොයා යුතුය. එම වෝල්ට් 10 හා වෝල්ට් 12 අතර තමයි චාජ් වීම ඩිස්චාජ් වීම සිදු විය යුත්තේ. ඒ කියන්නේ ඇත්ත වශයෙන්ම කැප් එක චාජ් හා ඩිස්චාජ් විය යුත්තේ වෝල්ට් (12-10) හෙවත් වෝල්ට් 2 කටයි. තවද, ඔබට මෙම පරිපථයෙන් ඉවතට ලබාගන්නා උපරිම ධාරාව තීරණය කිරීමට සිදු වෙනවා (මෙම අගයට වඩා අඩු ධාරාවක් ලබා ගත්තට ගැටලුවක් නැති වුවත්, මෙම අගයට වඩා වැඩි ධාරාවක් ලබා ගැනීම සුදුසු නැත). මෙම උදාහරණය සඳහා සිතමු එම ධාරාව ඇම්ප් භාගයක් කියා. දැන් Q=CV සූත්‍රය අනුව කැපැසිටන්ස් එක සෙවිය හැකියි. V= 2 වන අතර Q = (ධාරාව)(කාලය) = (0.5)(0.02) = 0.01 කූලෝම් වේ. දැන් අපට පහසුවෙන්ම ධාරිත්‍රක අගය සෙවිය හැකියි.

C = Q/V = 0.01/2 =0.005Farad හෙවත් මිලිෆැරඩ් 5 කි.

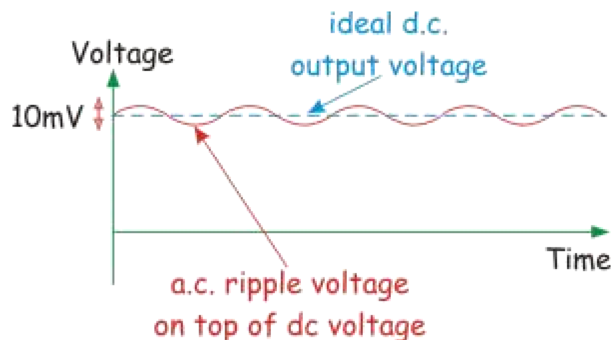
මිලිෆැරඩ් 5 ක් යනු විශාල අගයකි. මෙය තවත් අඩු කර ගත හැකි ක්‍රමයක් තිබේ. ඉහත ආකාරයේ අර්ධ-තරංග ඍජුකරණ පරිපථයක් වෙනුවට පූර්ණ තරංග ඍජුකරණ (full wave rectification) පරිපථයක් නිර්මාණය කළ හැකියි. එහිදී ඩයෝඩ 4 ක් භාවිතා කර පහත රූපයේ ආකාරයට සාදාගත හැකියි. මීට පූර්ණ තරංග ඍජුකරණය යැයි කියන්නේ ඒසී විදුලි තරංගයේ උඩු හා පහළ කොටස් දෙකම මෙහිදී නොකපා, පහල කොටස උඩු අතට හරවයි. මෙය අර්ධ-තරංග ක්‍රමයට වඩා කොලිටියෙන්ද ඉහලය (සෑදීමට යන වියදම එක සමානය; ඩයෝඩ ඉතා ලාභදායක උපාංගයකි).




මෙහි ඇති විශේෂත්වය වන්නේ ඍජුකරණය වූ විදුලියේ තරංග අර්ධ දෙකම පැවතීමයි (පහත රූපය). එවිට අමුතුවෙන් පිරවිය යුතු ප්‍රමාණය ඉතාම අඩුය. ඒ කියන්නේ කැප් එකේ කැපැසිටන්ස් අගය අඩු කළ හැකියි. අර්ධ-තරංග ක්‍රමයේදී පිරවිය යුතු "අවස්ථා ගණන" එක් තරංගයක් සඳහා තිබුණේ එකකි. එහෙත් පූර්ණ තරංග ක්‍රමයේදී පිරවිය යුතු අවස්ථා ගණන එක් තරංගයක් සඳහා දෙකකි; එකක් නම් එකම තරංගය තුළ මුදුන් දෙක අතර හා දෙවැන්න වන්නේ එක ළඟ ඇති තරංග දෙකක් අතර මුදුන් දෙක වේ. ඒ කියන්නේ පිරවිය යුතු අවස්ථා ගණන විදුලි සංඛ්‍යාතය මෙන් දෙගුණයකි. ඒ කියන්නේ හර්ට්ස් 100 කි (විදුලියේ සංඛ්‍යාතයෙහි දෙගුණයක්). හර්ට්ස් 100 කදී එක් තරංගයක් සඳහා ගතවන කාලය 1/100 හෙවත් මිලිතත්පර 10 කි. ඒ අනුව ඉහත ආකාරයටම නැවත කැප් එකේ අගය සෙවිය හැකියි. ආරෝපණය = (ධාරාව)(කාලය) = (0.5)(0.01) = 0.005 කූලෝම් වේ. එවිට කැප් එකේ අගය = Q/V = 0.005/2 = මිලිෆැරඩ් 2.5 කි.



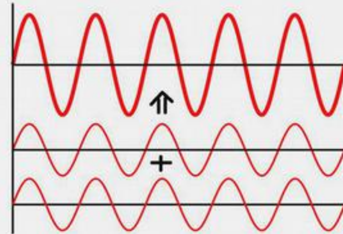

ඇත්තටම සුමටන කියාවලිය ෆිල්ටරයක් ලෙසත් දැකිය හැකියි. ඒ කෙසේද? ඉහත විදුලිය ගැන නැවත සිතන්න. එය ගැස්සීම් සහිත ඩීසී විදුලියක්. ඇත්තටම එම ගැස්සීම් සහිත විදුලිය කොටස්/සංරචක දෙකකින් සෑදී තිබෙනවා යනුවෙන් සැලකිය හැකියි. එකක් නම්, ඉතාම සුමට **විශාල** ස්ථාවර ඩීසී සංරචකයයි. අනෙක් සංරචකය තමයි එම ඩීසී සංරචකය මත ගමන් කරන (හෙවත් අධිස්ථාපිත) **කුඩා** ඒසී විදුලියක්. එනම්, විශාල ස්ථාවර ඩීසී විදුලයකුත් කුඩා ඒසී විදුලියකුත් අධිස්ථාපනය වී ඇත. බලන්න පහත රූපය. එහි කුඩා ඒසී විදුලියේ පීක්-ටු-පීක් වෝල්ටියතාව මිලිවෝල්ට් 10 කි. ඊට සාපේක්ෂව විශාල වෝල්ටියතාව වෝල්ට් ගණනාවකි.



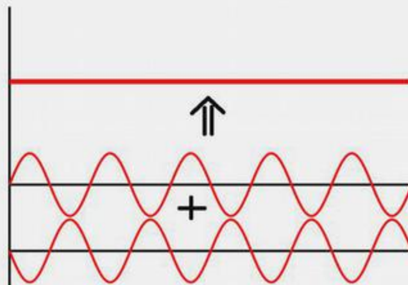

**සටහන**

විදුලිය, ආලෝකය, තරංග වැනි වචන/සංකල්ප වල අපට හමුවන සංසිද්ධියක් තමයි "අධිස්ථාපනය" (superposition) කියන්නේ. වචනය බරපතල වුවත් ඉන් කියන දේ ඉතා සරලය. විදුලිය හෝ ආලෝකය හෝ ජල කදම්භයක් හෝ වෙනත් එවැනි රාශියක් ගැන සිතන්න. උදාහරණයක් ලෙස ජල කදම්භයක් ගමු. එකම මාර්ගයක ජල කදම්භ දෙකක් ගමන් කරනවා යැයි සිතන්න. කුමක්ද සිදු වන්නේ? එම ජල කදම්භ දෙකම එකට එකතු වී ගමන් කරනවා. හරිම සරලයි. අධිස්ථාපනය කියන්නේ කිහිපයක් එකට එකතු වීමයි. දැන් තරංග දෙකක අධිස්ථාපනය බලමු (තරංග අධිස්ථාපනය). එකම මහක් ඔස්සේ තරංග දෙකක් (හෝ ඕනෑම ගණනක්) ගමන් කරන විට, ඉහත ජල කදම්භ දෙක එකතු වූවාක් සේම තරංග දෙක එකතු වේ. එහිදී තරංගයක් යනු සතතයෙන් ඉහල පහල යන හැඩයක් සහිත දෙයක් නිසා, තරංග දෙක එකට එකතු විය හැකි ආකාර කිහිපයක් තිබේ.

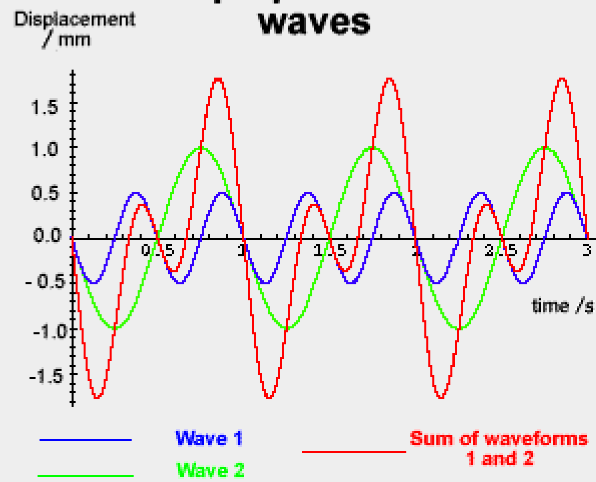
තරංග දෙකම එකට උඩට හා එකට පහලට යනවා නම් හා තරංග දෙකම X අක්ෂය කපන්නේ එකවිටම නම්, තරංගය ප්‍රබල වෙනවා; එනම් අධිස්ථාපිත තරංගය විස්තාරයෙන් විශාල වෙනවා (සංඛ්‍යාතය වෙනස් නොවේ). එය පහසුවෙන්ම තේරුම් ගන්න පුලුවන් පහත රූපය ඔස්සේ. මෙහිදී තරංග දෙකම සමකලාවේ (in-phase) පවතිනවා යනුවෙන්ද සැලකිය හැකියි.



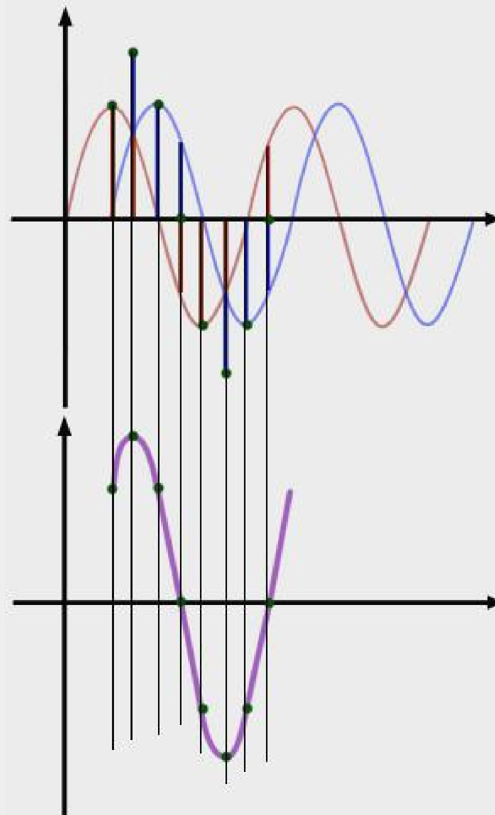
එහෙත් සංඛ්‍යාත සමාන තරංග දෙකම එකට X අක්ෂය කපමින්, නමුත් එක් තරංගයක් උපරිම වන විට අනෙක් තරංගය අවමය වන විදියට ගමන් කරනවා නම්, තරංගය දුර්වල වෙනවා. මෙහිදී තරංග දෙකේම විස්තාර සමාන නම්, අධිස්ථාපිත තරංගය එකිනෙකට කැපී ගොස් ශුන්‍ය වෙනවා (ඒ කියන්නේ තරංග දෙකම අහෝසි වෙනවා). මෙහිදී එක් තරංගයක් අනෙක් තරංගයට වඩා හරියටම අංශක 180 කින් වෙනස් කියා අප කියනවා.



ඉහත අවස්ථා දෙක තුන හැරුණු විට, අනෙක් සෑම අවස්ථාවකම තරංග දෙකෙහි සංඛ්‍යාතයන්, විස්තාරයන්, හැඩයන්, හා කලාවන් එකිනෙකට වෙනස් විය හැකියි. එමනිසා අධිස්ථාපිත අවසන් තරංගය සංකීර්ණ හැඩයක් ගත හැකියි. පහත රූපයේ දැක්වෙන ලෙස නිල්පාට හා කොල පාට තරංග දෙක අධිස්ථාපනය වී රතු පාට අවසන් අධිස්ථාපිත තරංගය සාදනවා. බලන්න මෙම තරංග දෙක විස්තාරයෙන්, සංඛ්‍යාතයෙන් හා කලාවෙන් එකිනෙකට වෙනස්. එම තරංග තුනම එක විට එහි දැක්වෙනවා.




ඇත්තටම කුමන අවස්ථාවක වුවත් ඔබට පහසුවෙන් තරංග අධිස්ථාපනය සිදුවන ආකාරය සිතා ගත හැකියි. කරන්නට තියෙන්නේ x අක්ෂය දිගේ සෑම ලක්ෂයකදීම තරංග දෙකෙහි y අගයන් දෙක එකට එකතු කිරීම පමණි. පහත රූපයේ උඩ කොටසේ අධිස්ථාපනය වන තරංග දෙකද, යට කොටසේ අධිස්ථාපිත තරංගයද පෙන්වනවා. තරංග දෙකේ එකතුව මහත සිරස් ඉරි කැබැලිවලින් පෙනෙන අතර, සිහින් දිගු සිරස් ඉරි මඟින් ඉහල හා පහත කොටසේ මැච්කර පෙන්වනවා. පහලින් ඇති අධිස්ථාපිත තරංගය සෑදෙන්නේ මහත සිරස් ඉරිවල මුදුන් යා කිරීමෙනි.



දැන් ඔබට කිරීමට තිබෙන්නේ මෙම විදුලි සංරචක දෙකෙන් ඒසී කොටස පිල්ටර් කිරීම නේද? මෙහිදී ඒසී කොටසේ සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 50 ක් පමණ කුඩාය. ඊට සාපේක්ෂව ස්ථාවර ඩීසී විදුලියේ සංඛ්‍යාතය 0 වේ. ඒ කියන්නේ මෙම පිල්ටරය ලෝපාස් පිල්ටරයක් (මොකද හර්ට්ස් 50 ට අඩු සංඛ්‍යාත හෙවත් සංඛ්‍යාතය 0 වන විදුලියට පමණක් පවතින්නට ඉඩ දේ). මෙම කැප් එක අවශ්‍ය නම් ඩිකප්ලිං කැප් එකක් ලෙසද සැලකිය හැකියි. ඒසී විදුලි සංරචකය "ඝෝෂාව" ලෙස සැලකිය හැකියි. එම ඝෝෂාව ග්‍රවුන්ඩ් එකට බයිපාස් කිරීම ඩිකප්ලිං කැප් එකෙන් සිදු කරනවා. ඇත්තටම පවර් සප්ලයි වැනි විශාල විදුලියක් සහිත තැන්වලට යෙදෙන විට ස්මූතිං කැප් ලෙස ඒවා නම් කළත්, ඩිජිටල් අයිසී වැනි උපාංගවලට සපයන විදුලියේ රැලි/විචලනයන් ඉවත් කිරීමට යොදන විට, ඊට ඩිකප්ලිං කැප් කියා තමයි පවසන්නේ.

මීට පෙර ඩිකප්ලිං කැප් ගැන සඳහන් කරන විට, ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථවල ඩිකප්ලිං කැප් බහුලව යෙදෙන බව පැවසුවා මතකද? ඊට හේතුව මෙයයි. ඩිජිටල් අයිසී සැපයුම් විභවයට අතිසංවේදී වේ. එනිසා ඒවාට යොදන සැපයුම් විභවය ඉතාම සුමටව දිය යුතුයි. ඩිජිටල් උපාංග/අයිසී විසින් ඒ අවට ගමන් කරන විදුලිය විචලනය කිරීමේ "කැත පුරුද්දක්" ඇත (ඊට තාක්ෂණික හේතු ඩිජිටල් පාඩම්වලදී බලමු). එනිසා ඩිජිටල් සර්කිට් අවට තිබෙන ස්ථාවර විදුලිය පවා විචලනය වෙනවා. මෙය වැලැක්වීමට ස්මූතිං කැප් (ඩිකප්ලිං කැප්) විශාල ලෙස නොයෙක් තැන්වල යෙදීමට සිදු වෙනවා.

මෝටර් (ෆෑන් ආදිය), ටියුබ් ලයිට්, ආදියේද කැප් වර්ග යොදා ගන්නවා. අති දැවැන්ත ප්‍රමාණවල කැප් පවා නිපදවා තිබෙනවා කර්මාන්ත තුළ භාවිතා කිරීමට. මේ ආදී ලෙස සුවිශේෂී අවශ්‍යතා සඳහා සුවිශේෂී ආකාරවලින් සෑදූ කැප් තිබෙනවා. බොහෝවිට ඒවා ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ක්ෂේත්‍රයට පිටින් තිබෙන අවස්ථාය (ඉලෙක්ට්‍රිකල් ක්ෂේත්‍රයේ).

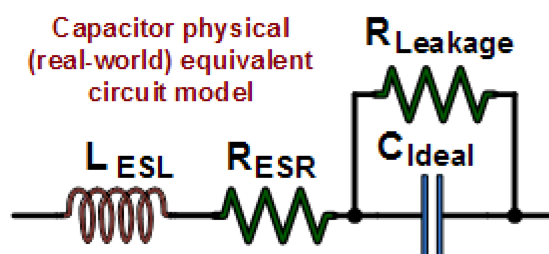


මේ අතර එක් සුවිශේෂී කැප් වර්ගයක් ගැන කෙටියෙන් සඳහන් කරන්නට කැමැතියි. මේවා supercapacitors ලෙස නම් කෙරේ. ultracapacitor, double-layer capacitor යන නම්වලින්ද මේවා හැඳින්වෙනවා. මේවායේ ධාරිතාව "සුපරි" ය. ෆැරඩ් 12,000 ද ඉක්මවා යන කැපෑසිටන්ස් තිබේ (නිකමට සංසන්දනය කර බලන්න සාමාන්‍ය මයික්‍රොෆැරඩ් 1 ක ධාරිත්‍රකයක් සමග; එවැනි සාමාන්‍ය කැප් බිලියන 12 ක කැපෑසිටන්ස් එකක් තනි සුපර් කැප් එකක තිබේ).




ධාරිතාව ඉතා ඉහල වුවාට මේවායේ උපරිම වෝල්ටියතාව කුඩාය. සාමාන්‍යයෙන් වෝල්ට් 3 ට අඩුය (වෝල්ට් 2.7 ක් පමණ). වැඩි වෝල්ට් ගණනක් අවශ්‍ය නම්, ශ්‍රේණිගතව කිහිපයක් සම්බන්ධ කළ හැකියි. එහෙත් එවිට, ධාරිතාව අඩු වේ. එක් සුපර්කැප් එකක ගබඩා කළ හැකි ශක්තිය නිකමට ගණනය කර බලන්න ($0.5C^2V$). දළ වශයෙන් ජූල් 37,000 ක් පමණ වේ. මෙය තරමක විශාල ශක්ති ප්‍රමාණයකි. උදාහරණයක් ලෙස මාගේ සෙල් ෆෝන් එකේ බැටරියේ 3.7V හා 950mAh හා 3.6Wh ලෙස සටහන් කර ඇත. ඉන් කියන්නේ වෝල්ට් 3.7 ක විභවයක් එහි ඇති අතර, මිලිඇම්පියර්පැය 950 ක් බවයි. එයම දළ වශයෙන් (3.7V x 0.950Ah =) 3.6Wh ලෙස දැක්විය හැකියි. පැයකට තත්පර 3600 ක් තිබෙන නිසා, ඒ අනුව මගේ ෆෝන් බැටරියේ ශක්තිය දළ වශයෙන් (3.6 තත්පරයට ජූල් x 3600 තත්පර = ) 12,900 ජූල් වේ. ඒ අනුව අල්ට්‍රාකැප් එක විශාල විදුලි ශක්තියක් ගබඩා කර ගන්නවා නේද? සාමාන්‍ය බැටරි වෙනුවට සුපර්කැප් භාවිතා කිරීමට උනන්දුවක් ඇති වී තිබෙනවා. සුපර්කැප් ගැන තවත් විස්තර පසුවට බලමු.

මෙතෙක් වෙලා අප කැප් දෙස බැලුවේ පරිපූර්ණ (අයිඩියල්) උපාංගයක් ලෙස සලකාය. ඒ කියන්නේ කැප් එකක තිබෙන්නේ කැපෑසිටන්ස් එකක් පමණයි යැයි සිතාගෙනය. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව කැප් එකක ඊට අමතරව රෙසිස්ටන්ස් හා ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක්ද පවතිනවා. කැප් එකක් අනර්ඝ වීමට නම්, හැකි පමණ මෙම ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් හා ස්ට්‍රේ ඉන්ඩක්ටන්ස් අඩු කර ගත යුතුය. ඒ සඳහා යම් යම් ක්‍රමවේදද පවතී. මෙවැනි කැප් මිලෙන්ද ඉහලය. පහත දැක්වෙන්නේ සත්‍ය/ප්‍රායෝගික කැප් එකක ආකෘතියයි.



අධික වෝල්ටියතාවන් සපෝට් කරන කැප් high voltage capacitor ලෙසද, අධික ජවයකට ඔරොත්තු දෙන කැප් power capacitor ලෙසද, ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් ඉතාම අවම කැප් Low ESR capacitor ලෙසද (මේවා Q අගය වැඩි කැප් වේ), ස්ට්‍රේ ඉන්ඩක්ටන්ස් ඉතාම අවම කැප් Low Inductance capacitor ලෙසද (වැඩි මිලක් ගෙවා) ලබා ගත හැකියි. අතිසංවේදී සර්කිට් හෝ අධිශක්ති සර්කිට් හෝ අතිවේග සර්කිට් හෝ නිපදවන විට මෙවැනි සුවිශේෂී කැප් අවශ්‍ය කෙරේ.

**සටහන**

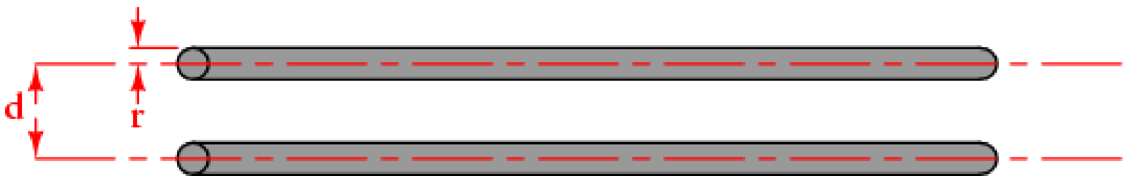
සෑම ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගයක්ම න්‍යායාත්මකව ගත් කළ පරිපූර්ණයි (ideal). එහෙත් ප්‍රායෝගිකව යම් යම් "දෝෂ" ඇත. ඇත්තටම ලෝකයේ සෑම දේකටම මෙම ස්වභාවය පොදුය. සාමාන්‍යයෙන් කැප්, රෙසිස්ටර්, ආදී සෑම උපාංගයක් සඳහාම ලබා දී තිබෙන සංකේතය නියෝජනය කරන්නේ මෙම පරිපූර්ණ උපාංගය වේ. උදාහරණයක් ලෙස, කැප් එකේ සංකේතයෙන් නියෝජනය වන්නේ "අයිඩියල් කැප්" එකයි. එහෙත් ප්‍රායෝගිකව මේ සෑම උපාංගයකම "දඩාවතේ යන" (stray) වෙනත් ගතිලක්ෂණද පවතිනවා. උදාහරණයක් ලෙස, කැප් එකක මෙවැනි ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් හා ස්ට්‍රේ ඉන්ඩක්ටන්ස් පවතිනවා. මේවා අනවශ්‍ය කරදරකාරී වුවත් වැලැක්විය නොහැකිය; සැබෑ ලෙසම ඒවා උපාංගය තුළ පවතී (මනුෂ්‍ය ශරීරයකට "භූතයන් පෙරේතයන්" ආරූඪ වෙනවා වාගේ). ඉතිං අපට එම ගතිගුණත් ඒවාට හිමි සංකේතවලින් නිරූපණය කරන්නට හැකියි. ඒ අනුව කැප් එක තුළම රෙසිස්ටර් හා ඉන්ඩක්ටර් තිබෙනවා ලෙස සිතින් මවා ගන්න. මේ එක් එක් උපාංග එක්කෝ ශ්‍රේණිගතව නැතිනම් සමාන්තරගතවයි තිබිය යුත්තේ නේද? ඒ විතරක්ද නොවේ, සමහරවිට එකම ජාතියේ ගුණාංග දෙක තුනක් වුවද එකට තිබිය හැකියි. එයට හේතුව එම ගුණාංගය මතු වී ඇති වෙනස් වෙනස් ආකාරයයි. උදාහරණයක් ලෙස කැප් එකක ස්ට්‍රේ ප්‍රතිරෝධක දෙකක් ඇත. එකක් නම් කැප්වල පින් නිසා ඇතිවන ප්‍රතිරෝධකතාවයි. එය පිහිටන්නේ "අයිඩියල් කැප්" එකත් සමග ශ්‍රේණිගතවයි. අනෙක් ස්ට්‍රේ ප්‍රතිරෝධය ඇති වන්නේ කැප් එකේ තිබෙන ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක හරහා විදුලිය ලීක් වීම නිසයි. ඔබ දන්නවා ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක හරහා හරිනම් කිසිදු ධාරාවක් ගලා නොයා යුතුයි. එහෙත් විවිධ හේතු නිසා ඒ හරහා ඉතාම කුඩා "ලීක්" ධාරාවක් ගලා යනවා (ඇලුමිනියම් ඊකැප්වල මෙම ලීක් ධාරාව සැලකිය යුතු තරම් විශාලය). ඒ කියන්නේ සත්‍ය ලෙසම ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එක පරිවාරකයක් නොව විශාල ඕම් ගණනක් සහිත ප්‍රතිරෝධයකයකි. මෙම ප්‍රතිරෝධකය අයිඩියල් කැප් එක සමග සමාන්තරගතවයි පවතින්නේ. දැක්කද කැප් එක තුළ ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටර් වර්ග දෙකක් තිබුණා පමණක් නොව, එකක් ශ්‍රේණිගතවත් අනෙක සමාන්තරගතවත් තමයි පවතින්නේ. ඉතිං මෙලෙස එක් එක් උපාංගය තුළ ප්‍රායෝගිකව ගත් කළ උපාංග කිහිපයක් තිබෙනවා මෙන් පෙනෙනවා නේද? මෙම උපාංග සියල්ල දක්වන සටහනට තමයි උපාංගයේ ප්‍රායෝගික (හෙවත් ක්‍රියාකාරී හෙවත් සත්‍ය) ආකෘතිය (model) කියා කියන්නේ. මේ කියපු විස්තර ඉහත රූපයේ සටහන් කර ඇත.

ඉහත සටහන අනුව, ධාරිත්‍රක ප්‍රායෝගික මොඩලයේ $R_{ES}$ යනු පින්වලින් ඇති වූ ශ්‍රේණිගතව පවතින ප්‍රතිරෝධය වන අතර, $R_{LEAK}$ යනු ඩයිඉලෙක්ට්‍රික් එකේ ලීක් එකෙන් හැඟවෙන සමාන්තරගතව පවතින ප්‍රතිරෝධය වේ. $L_{ES}$ යනු ධාරිත්‍රක පින්වල ස්වාභාවිකවම ඇතිවන ඉන්ඩක්ටන්ස් එක වේ. මෙම ස්ට්‍රේ අගයන් සාමාන්‍යයෙන් ඉතා කුඩාය. එනිසා සාමාන්‍ය පරිපථ නිර්මාණයේදී ඒවා නොසලකා හැරිය හැකිය. එහෙත් අධිසංඛ්‍යාත ගමන් කරන පරිපථවල හා ඉතා නිවැරදි ක්‍රියාකාරිත්වයක් අවශ්‍ය කරන පරිපථවලට ඒවා බාධා ඇති කරනවා (පසුවට එම බාධා මොනවාදැයි වැටහේවි).

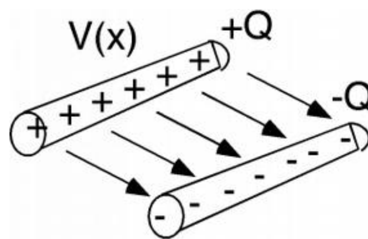
## ධාරිත්‍රක සෑදෙන විශේෂ අවස්ථා

කැප් ගැන පාඩමේ අවසානයට දැන් පැමිණ ඇත. ඔබ මෙතෙක් වෙලා සලකා බැලුවේ ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථවල යෙදීමට කවුරුන් හෝ විසින් නිෂ්පාදනය කරපු කැප් ගැනය. එහෙත් ඔබ නොසිතන තැන් බොහෝමයක ධාරිත්‍රක ඉබේම සෑදේ. දන්නවාද වලාකුලු තිබෙන විටක, එම වලාකුලු හා පොලොව එකතු වී කැප් එකක් සාදනවා. වලාකුලු නැතිවත් මහා පොලොව ගත්තත් මයික්‍රොෆැරඩ් 700 ක පමණ කැප් එකක්. ඒ කෙසේදැයි බලමු. ආශාවට/කුතුහලයට මහා පොලොවේ කැපෑසිටන්ස් එක දැන ගැනීමටම නොවේ; මෙය දැන සිටීම පරිපථ නිර්මාණය කිරීමට පහසුවක්.

කැප් එකක් සාදපු විදිය නැවත සිහි කරන්න. යම්කිසි පරිවාරකයකින් වෙන්ව ආරෝපණ දෙපැත්තක තිබෙන තැනක් තමයි කැප් එකක් කියා කියන්නේ. ඔබ සමහරවිට මෙතෙක් නොසිතපු කැපෑසිටර් නිර්මාණය වන ආකාර කිහිපයක් දැන් බලමු. පහත රූපය බලන්න.



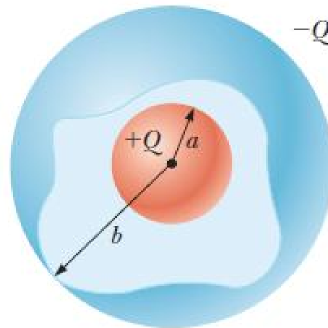

ඉහත රූපයේ කැප් එකක් සෑදෙන හැටි සිතා ගත හැකිද? බලන්න මෙහි එක ළඟින් විදුලිය යන වයර් දෙකක් තිබෙනවා. විදුලිය යනු ආරෝපණ ගමන් කිරීමක්. ගමන් කළත් නොකළත් ආරෝපණ යනු ආරෝපණයි. ඒ කියන්නේ ආරෝපණ දෙකක් පරිවාරකයක් දෙපස පවතිනවා. මෙම වයර් දෙකේ ආරෝපණ/ධාරාව ගමන් කරන්නේ විවිධාකාරයෙන් විය හැකියි. එක් මොහොතක වයර් දෙකේම ධාරාවන් නැති වීමට හැකියි; තවත් විටක එක වයර් එකකින් පමණක් ධාරාවක් යනු ඇති; තවත් මොහොතක වයර් දෙකේම ධාරාව යනු ඇති. මේ කුමන අවස්ථාවක වුවත් එතැන ධාරිත්‍රකය එලෙසම පවතී. එහෙත් ධාරිත්‍රකය ක්‍රියාත්මක වන්නේ වයර් දෙකෙහිම ධාරාවන් ගමන් කරන විටයි. ඉහත වයර් දෙකේ ධාරිත්‍රකය පහත ආකාරයට පවතින ලෙස සැලකිය හැකියි.




මෙවැනි ඇටවුමක ධාරිතාව සෙවීමට පහත සූත්‍රය යොදාගන්න. වයර් දෙක විවිධ දිගවල් ගත හැකි අතර, දිග අනුව කැපෑසිටන්ස් එක වෙනස් වේ. එනිසා පහත සූත්‍රයෙන් සොයන්නේ ඒකක දිගක් (මීටර් එකක්) සඳහා කැපෑසිටන්ස් එකයි.

$$\text{ඒකක දිගක කැපෑසිටන්ස්} = \frac{\pi \varepsilon_0}{\ln(\frac{d}{r})}$$

ඇත්තටම හරියටම ගණන් සෑදීමට හරියටම ආරෝපණ තිබෙන ආකාරය ගැන දැන සිටිය යුතුය. ධාරාව හා ආරෝපණය අතර සම්බන්ධතාව මෙහිදී සිහිතබා ගන්න (ධාරාව = ආරෝපණය/කාලය). දැන් බලන්න තවත් ආකාරයක ධාරිත්‍රකයක් සෑදෙන තැනක්.



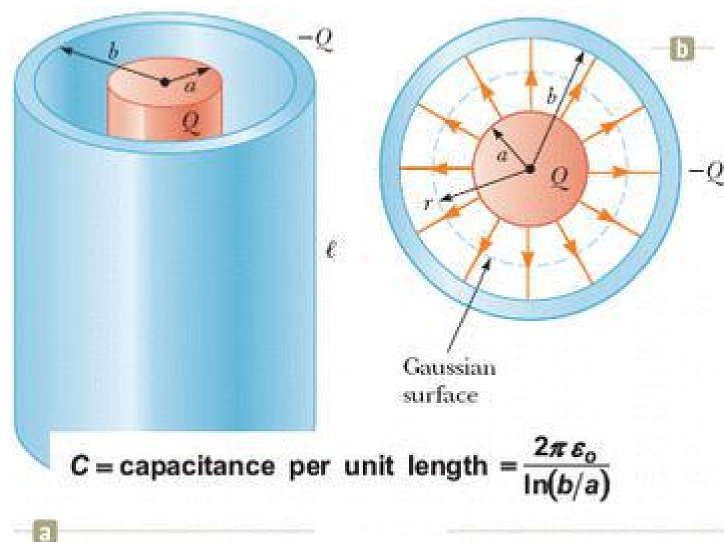

මෙහි එකම කේන්ද්‍රය සහිත වෙනස් අරයන් සහිත ගෝල දෙකක් එකක් තුළ එකක් ලෙස පිහිටා තිබේ. කුඩා ගෝලයේ අරය a වන අතර, විශාල ගෝලයේ අරය b වේ. මෙවැනි පිහිටුමක් "සංකේන්ද්‍රිය" (concentric) යන නමින් හැඳින්වෙනවා (මෙහි තේරුම එකම කේන්ද්‍රයක් ඇසුරු කරනවා යන්නයි). මෙවැනි ඇටවුමක ධාරිතාව පහත සූත්‍රයෙන් ලබා ගත හැකියි.

$$C=\frac{4\pi\varepsilon_0 ab}{(b-a)}$$

ඉහත ඇටවුම හා සූත්‍රය තරමක් වෙනස් කර තවත් කැප් එකක් නිර්මාණය වන ආකාරයක් සාදා ගත හැකියි. එනම්, පිටත ගෝලය ඇතුලත ගෝලයට වඩා ඉතාම විශාල නම් (ඒ කියන්නේ a අරයට වඩා b අරය අතිවිශාලය; න්‍යායාත්මකව b අරය අනන්තය ලෙස ගනී), එවිට පිටත ගෝලය/කවචය නැතැයි සිතිය හැකියි. මෙවැනි ගෝලයක් isolated sphere ලෙස හැඳින්වේ. එවිට, ඉහත සූත්‍රය පහත ආකාරයට සරල වේ.

$$C=4\pi\varepsilon_0 a$$

තවත් ආකාරයක් නම්, එක් සන්නායක කම්බියක් වටේට තවත් සන්නායක කොපුවක් සේ තිබෙන අවස්ථාවයි. මෙය co-axial ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඇන්ටනාවේ සිට ඔබේ ටීවී එකට එන කොඇක්සියල් කේබලය මෙබඳුයි. එහි මැද කම්බිය වටේට ඊට නොගෑවී තිබෙන සේ තවත් කම්බි දැලක් ඇත. මෙහිද කැපෑසිටන්ස් එක දක්වන්නේ ඒකක දිගකටයි.




මීටත් අමතරව විවිධ හැඩතල වලින් යුතු ධාරිත්‍රක සෑදෙන අයුරු ඔබට දැන් සිතාගත හැකි විය යුතුයි. ඒවායේ ධාරිතාව සොයන සූත්‍රය ඔබට සිතාගත නොහැකි වීමට හැකියි; එහෙත් එවැනි කැපෑසිටර් ඇතිවන අවස්ථා පහසුවෙන් සිතා ගන්නට පුලුවන්.

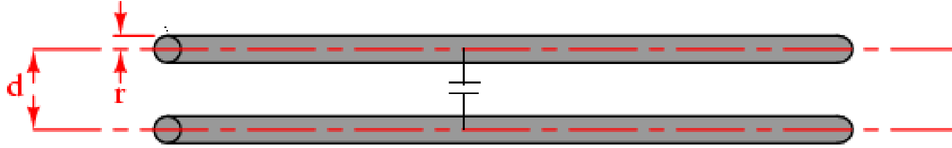
දැන් විනෝදෙට මෙන් සිතා බලන්න ඉහත පැවසූ විදියට කොහොමද වලාකුලක් හා පොලොව කැප් එකක් සාදන්නේ කියා. පොලොව යනු තරමක හොඳ සන්නායකයකි. ඕනෑතරම් ආරෝපණ පොලොවේ ඇත. ඒකනේ පොලොවේ සිටගෙන විදුලිය ඇල්ලුවාම අපට කරන්ට් වදින්නෙත්. වලාකුලුද එකිනෙකට ඇතිල්ලීම නිසා ආරෝපණ ඇති කරගනී. දැන් සිතන්න කොහොමද මහා පොලොව කැප් එකක් වන්නේ කියා. පොලොවේ අරය කිලෝමීටර් 6378 ක් වේ. මීට ඉහත isolated sphere සඳහා වූ සූත්‍රය යොදන්න.

C = 4 x 3.14 x (8.85x$10^{-12}$) x (6378000) = 709uF

ඉහත විවිධාකාරයෙන් ඉබේ සෑදෙන ධාරිත්‍රක හැමවිටම පරිපථවලට හානිකරයි. ඔබ සාමාන්‍යයෙන් පරිපථයක් නිර්මාණය කරන්නේ සංඥාව අහවල් අහවල් මාර්ග ඔස්සේ පමණක් ගමන් කරයි යන විශ්වාසය මතයි. එහෙත් ඔබ නොසිතූ තැන්වල ස්ට්‍රේ කැප් සෑදීම නිසා පරිපථය අවුල් වී යා හැකියි. ඒ කෙසේදැයි දැන් බලමු. සාමාන්‍යයෙන් ඉහත ආකාරයෙන් සෑදෙන කැප්වල අගයන් ඉතා කුඩාය (පිකෝෆැරඩ් හෝ ඊටත් අඩුවෙන්). ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාධක සූත්‍රය අනුව, එවැනි ඉතා අඩු ධාරිතා අගයන්වලින් ඉතා විශාල ඕම් අගයන් සහිත ප්‍රතිභාධක අගයන් තමයි ලැබෙන්නේ (කිලෝහර්ට්ස් ගණන් හෝ ඊටත් අඩු සංඛ්‍යාත සඳහා). එහෙත් සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාධකය අඩුවන බවද ඔබ දන්නවා. උදාහරණයක් ලෙස, පිකෝෆැරඩ් 0.1 ක ධාරිත්‍රකයකින් කිලෝහර්ට්ස් 100 ක සංඥාවක් සඳහා මෙගාඕම් 16 ක විශාල ප්‍රතිරෝධයක්/ප්‍රතිභාධකයක් දක්වනවා. දැන් සංඛ්‍යාතය සියගුණයකින් වැඩි කර බලන්න (එනම්, මෙගාහර්ට්ස් 10 ක්). එවිට, එම ප්‍රතිභාධකය කිලෝඕම් 160 ක් දක්වා සියගුණයකින් පහල යයි. ඔබ දන්නවා ඉතා ඉහල ප්‍රතිරෝධ අගයන් සහිත මාර්ග ඔස්සේ විදුලිය ගමන් කරන්න අකමැතියි.

එක ළඟ ඇති වයර් දෙකක් ගැන සිතන්න. එහෙමත් නැතිනම් පීසීබී එකක ඉතාම ළඟින් පිහිටා ඇති ප්‍රින්ට් දෙකක් ගන්න. ඉහත විස්තරය අනුව ඔබ දන්නවා එම "විදුලි සංඥා ලයින්" දෙක අතර දැන් කැප් එකක් පවතින බව. ඉහත $\pi\varepsilon_0/\ln(d/r)$ යන සූත්‍රය අනුව දළ වශයෙන් මීටර් එකකට පිකෝෆැරඩ් 10 ක්

ලැබේ. (සූත්‍රයට දළ දර්ශීය අගයන් ආදේශ කර බලන්න. මා වයර් දෙක අතර දුර, d ට මිලිමීටරයක්ද වයර් එකේ අරය, r ට මිලිමීටර් 0.05 ක්ද ආදේශ කළා.) එහෙත් මීටර් එකක් දිග සර්කිට් පාත් සාමාන්‍යයෙන් නැත; එය සෙන්ටිමීටර් 10 ක දුරක් සඳහා ගත්විට පිකෝෆැරඩ් 0.1 ක් තරම් කුඩා ධාරිත්‍රකයකි. මෙම 0.1p ධාරිත්‍රකය එම වයර් දෙක ෂන්ට් කරමින් පහත ආකාරයට පවතිනවා යනුවෙන් තර්ක කළ හැකියි.




දැන් සිතන්න කිලෝහර්ට්ස් 100 ක සංඥා මේ වයර්වල යනවා කියා. එවිට, මෙම ධාරිත්‍රකයෙන් මෙගාඕම් 16 ක ප්‍රතිභාධකයක් එම සංඥා විදුලියට දක්වනවා. සාමාන්‍යයෙන් එම සිග්නල් එක ගමන් කරන නියම මාර්ගයේ මුලු ප්‍රතිරෝධකතාවම කිලෝඕම් 1 කට වඩා අඩු විය හැකියි. එවිට සංඥා ධාරාවට ගමන් කළ හැකි මාර්ග දෙකක් පවතින හෙයින් යම් අනුපාතයකට මෙම මාර්ග දෙක හරහාම ධාරාව බෙදී යා යුතුයි. එහෙත් සාමාන්‍ය මාර්ගයට වඩා ධාරිත්‍රකය හරහා යෑම 16000 ක වාරයක් අපහසු වේ (මෙගාඕම් 16 කිලෝඕම් 1 කින් බෙදූ විට ලැබෙන අගය). ඒ කියන්නේ සාමාන්‍ය මාර්ගය ඔස්සේ ගමන් කරන සංඥාවේ ධාරා ප්‍රමාණයෙන් දහසයදහකින් එක් පංගුවක් තමයි ධාරිත්‍රකය සහිත පාරේ ගමන් කරන්නේ. මෙවැනි ඉතා කුඩා අගයක් අප කිසිසේත් ගණන් ගන්නේ නැත. ඔබ දන්නවා අප සාමාන්‍යයෙන් ගණන් ගන්නේ 10% සීමාවයි. ඊට වඩා කුඩා ඒවා ගණන් ගන්නේ නැති පුරුද්දක් (10% රූල් එක) තියෙනවනේ. ඉහත 1/16000 යනු ප්‍රතිශතයක් ලෙස ගත් විට 0.0062%කි.

ඇත්තටම මෙහිදී ප්‍රශ්නය වන්නේ සංඥාවෙන් යම් ප්‍රමාණයක් හානි වීමම නොවේ. එම සංඥාවෙන් ධාරිත්‍රකය හරහා ගමන් කරන කොටස ගමන් කරන්නේ තවත් වෙනස් සංඥාවක් ගමන් කරන මාර්ගයකටයි. ඉතිං එම මාර්ගයේ ගමන් කරන සංඥාව සමග මෙම සංඥාව මුසුවී එය විකෘති කරනවා. යම් විදුලි සංඥාවකින් තවත් විදුලි සංඥාවක් විකෘති කිරීම interference ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඇත්තටම ඉහත උදාහරණයේ විකෘතියක් ඇති වුවත් එය නොසලකා හැරිය හැකි තරමේ විකෘතියක් මොකද පිටතින් එන සංඥා ඉතාම දුබල (සාමාන්‍යයෙන් සංඥා කුඩා වේ; දැන් මෙවැනි කුඩා සංඥාවෙනුත් දහසයදහකින් පංගුවක් තරම් ඉතාම කුඩා) නිසා.

දැන් එම මාර්ගයේම සංඛ්‍යාතය මෙගාහර්ට්ස් 100 ක සංඥාවක් යනවා යැයි සිතන්න. එවිට, ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාධකය කිලෝඕම් 16 ක් දක්වා අඩුවේ. දැන් නම් තත්වය නොසලකා හැරිය නොහැකියි මන්ද, සංඥා ධාරාව 1:16 වැනි සමීප අනුපාතයකින් තමයි බෙදෙන්නේ (මුලදී එය 1:160000 ක් තරම් විශාල වෙනසකින් තිබුණේ). මෙහිදී සංඥාව හානිවීම මුල් අවස්ථාවට වඩා ඉතා විශාලයි. සමහරවිට එය ප්‍රශ්නයක් විය හැකියි. (එහෙත් තවමත් අපේ 10% රීතිය අනුව නම් එය ගණන් නොගෙන සිටිය හැකියි. එහෙත් සමහර පරිපථවල 10% වෙනුවට 1% ලෙස එය සලකන අවස්ථා තිබෙනවා. එවැනි විටක නම් පැහැදිලිවම මෙම අවස්ථාව ගැටලුවක් ඇති කරනවා.) එහෙත් මෙම අවස්ථාවේ ගැටලුව ඊට වඩා ඉන්ටර්ෆරන්ස් එකයි. දැන් තරමක ප්‍රබල සංඥාවක් තමයි ධාරිත්‍රකය හරහා ගොස් අනෙක් වයර් එකේ සංඥාවට මුසුවන්නේ. මෙය තමයි මීට පෙරත් අවස්ථා කිහිපයකදීම මතක් කළේ අධිසංඛ්‍යාත පරිපථවලදී සාමාන්‍ය පරිපථවලදී වඩා සැලකිලිමත් විය යුතුයි කියා. ඇත්තටම ඉහත රූපයේ කැප් එක ක්‍රියා කරන්නේ කප්ලිං කැප් එකක් ලෙසයි. සංඥාවක් තවත් සංඥා මාර්ගයකට යොමු කිරීම. එහෙත්

මෙම කප්ලිං කැප් එක අපට අනවශ්‍ය එකක්; ප්‍රශ්න ඇති කරන එකක්.

ඉහත විස්තර කළ ලෙසට ළඟින් තිබෙන වයර්/ප්‍රින්ට් අතර අනවශ්‍ය කැප් ඇති වී පරිපථ අවුල්වන නිසා අධිසංඛ්‍යාත පරිපථ සෑදීම තරමක් සංකීර්ණයි. ප්‍රායෝගික තලයේ මෙම ප්‍රශ්නය ප්‍රබලව බලපා තිබෙනවා. අද තිබෙන තාක්ෂණය අනුව පීසීබී තවත් කුඩාවට සෑදිය හැකි වුවත් ඊට බාධාවක් ඇති කර තිබෙන්නේ ඉහත ඉන්ටර්ෆරන්ස් ප්‍රශ්නයයි. ඒ විතරක්ද නොවේ, තවදුරටත් අයිසී කුඩා කිරීම (ඝනත්වය වැඩි කිරීම) කිරීමට හැකියාවක් තිබුණත්, එයද වලක්වා තිබෙන්නේ මෙම ඉන්ටර්ෆරන්ස් ප්‍රශ්නයම තමයි. ඇත්තටම ඔබට මෙතැන් සිට ඇතිවිය හැකි කරදරකාරී තත්වයන් හඳුනාගැනීමට මෙන්ම ඒවා ගැන ගණනය කිරීමටද හැකියාවක් තිබෙනවා. බය නැතිව දන්නා තියරි අනුව තර්ක කර බලන්න.

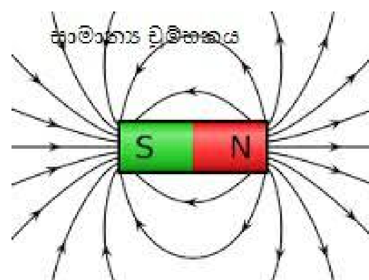
ධාරිත්‍රක පාඩම දැනට මෙතැනින් අවසානයි. මා සිතන විදියට කැපෑසිටරය යනු ට්‍රාන්සිස්ටරයට පසුව ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල තිබෙන අපූරුතම ඉලෙක්ට්‍රොනික උපාගයයි.

# ප්‍රේරණතාව හා ඉන්ඩක්ටර්

පැසිව් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග අතර තිබෙන තවත් වැදගත් උපාංගයක් තමයි ඉන්ඩක්ටර් එක (ප්‍රේරකය හෝ "කොයිල් එක"). ප්‍රේරණතාව (inductance) අපට අවශ්‍ය පරිදි ඇති කළ හැකි ලෙසට සකස් කළ ඇටවුමකට තමයි ප්‍රේරකය (inductor) කියා කියන්නේ. ඉන්ඩක්ටරයක පවතින ඉන්ඩක්ටන්ස් එක මනින ඒකකය Henry (H) වේ. සාමාන්‍යයෙන් (ෆැරඩ්වල මෙන්ම) හෙන්රි යනු විශාල ඒකකයකි. එමනිසා බහුලව හමුවන්නේ මිලිහෙන්රි හා මයික්‍රොහෙන්රි වේ.

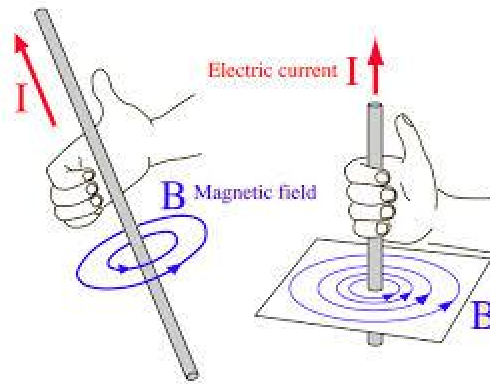
මුලින්ම "ප්‍රේරණය" (induction) යන්නෙහි තේරුම දත යුතුය. එහි සාමාන්‍ය සිංහල තේරුම "යමක් තුල යම් ගතිගුණයක් ඇති කිරීම" යන්නයි. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබේ දෙමව්පියන්ගේ හොඳ හැසිරීම නිසා ඔබ තුළත් නිරායාසයෙන්ම හොඳ ගතිගුණ ප්‍රේරණය වෙනවා. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදීද තේරුම එයමයි. මෙහිදී ගතිගුණය ලෙස සලකන්නේ විදුලියයි. ඒ අනුව (විදුලි) ප්‍රේරණය යනු යම් සන්නායකයක නොතිබූ විදුලියක් පිටතින් ඒ තුළ ඇති කිරීමයි. එසේ ප්‍රේරණය වන විදුලිය ඒ ඒ අවස්ථාවල වෙනස් විය හැකියි. ඒ කියන්නේ එක් අවස්ථාවක A නම් සන්නායකයේ යම් වෝල්ටියතාවක් ප්‍රේරණය වූවා යැයි සිතන්න. එලෙසම තවත් B නම් සන්නායකයක් තුළද වෝල්ටියතාවක් ප්‍රේරණය කළා යැයි සිතමු. මෙම වෝල්ටියතා දෙකම සමාන හෝ අසමාන විය හැකියි. ඒ එක් එක් අවස්ථාවේදී කොපමණ වෝල්ටියතාවක් ප්‍රේරණය වනවාදැයි රඳා පවතින්නේ සාධක කිහිපයක් මතයි. කෙසේ හෝ වේවා, විවිධ වෝල්ටියතා අගයන් ප්‍රේරණය වීමේ හැකියාව තමයි ප්‍රේරණතාව යනුවෙන් හැඳින්වෙන්නේ. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත A සන්නායකයේ ප්‍රේරිත විදුලිය B ට වඩා වැඩි නම්, A හි ප්‍රේරණතාව වැඩියි යනුවෙන් සැලකිය හැකියි.

ප්‍රේරණය නම් ක්‍රියාවලිය පිටුපස සිටින්නේ විද්‍යුත් චුම්භක (electromagnet) ක්‍රියාකාරිත්වය වේ. එමනිසා කෙටියෙන් චුම්භක (magnet) හා විද්‍යුත් චුම්භක ගැන පළමුව දැනගමු. ඔබ දන්නවා චුම්භකයක ධ්‍රැව (pole) දෙකක් තිබෙනවා උතුර (North) හා දකුණ (South) ලෙස. සමාන ධ්‍රැව විකර්ෂණය කරන අතර, අසමාන ධ්‍රැව ආකර්ෂණය කරයි. චුම්භකයක් වටා චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් (magnetic field) ඇති කරනවා (හරියටම විදුලි ආරෝපණයක් විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් ඇති කරනවා සේ). එම ක්ෂේත්‍රය තුළ තිබෙන වෙනත් චුම්භක හා සන්නායකවලට ඉන් බලපෑමක් ඇති වෙනවා. එක් කාන්දමක් තවත් කාන්දමක ස්පර්ශ නොකර එහෙත් චලනයක් ඇති කළ හැක්කේ මෙම ක්ෂේත්‍රය නිසාය. මෙම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය කාන්දමේ ධ්‍රැවය ආසන්නයේ ප්‍රබල වුවත්, ඉන් ඈත් වන විට ඉතා සීඝ්‍රයෙන් දුබල වෙනවා.

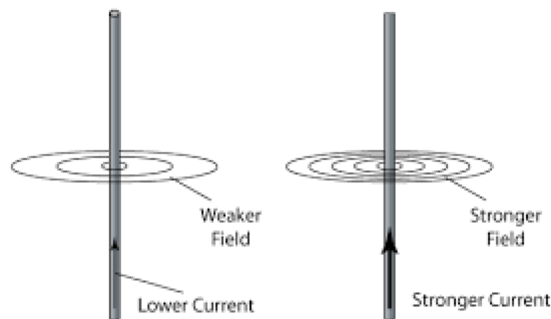



"කාන්දම් කැලිවල" විතරක් නොවේ කාන්දම් හැකියාව පවතින්නේ. ඕනෑම සන්නායකයක් තුළින් විදුලි ධාරාවක් යන විටත් එම සන්නායකය අවට චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හටගනී. එලෙස හට ගන්නා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පහත රූපයේ දැක්වෙන සේ "දකුණත් රීතිය" (Right-hand rule) මඟින් දත හැකියි. විදුලිය

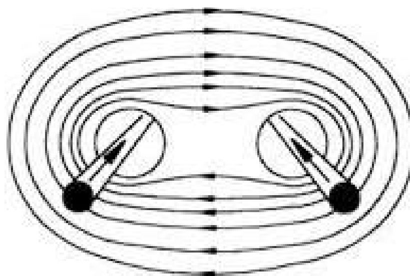
ගමන් කිරීම නිසා මෙලෙස ඇතිවන චුම්භකවලට තමයි විද්‍යුත් චුම්භක යන නම ව්‍යවහාර වෙන්නේ. විද්‍යුත් චුම්භකයක ඇතිවන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හා නිකංම කාන්දම් කැලිවලින් ඇතිවන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය අතර කිසිම වෙනසක් නැහැ. දෙකෙහිම ගතිගුණ එකමය.




සම්මත ධාරාව ගලා යන දිශාවට මාපොට ඇඟිල්ල පිහිටන සේ කම්බිය අල්ලාගත් විට, අනෙක් ඇඟිලි කැරකී ඇති දිශාව ඔස්සේ චුම්භක ක්ෂේත්‍ර වළලු/මුදු (loop/ring) පිහිටයි. ධාරාව වැඩිවන විට එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය වැඩි වේ; එනම් විද්‍යුත් චුම්භකය ප්‍රබල වේ.




එකම දිශාවට ධාරාව ගමන් කරන සේ එක ළඟින් පිහිටි මෙවැනි කම්බි/සන්නායක ගණන වැඩි වන විටද චුම්භක ක්ෂේත්‍ර එකට එකතු වීමෙන් ප්‍රබල වේ.



කම්බියක් තුළින් ධාරාවක් ගැලීමේදී ඇතිවන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ගැන නැවත බලමු. සිතන්න ඇම්ප් 2 ක් යනවා කියා. එවිට, යම් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වෙනවා. එය ඇම්ප් 4 ක් දක්වා වැඩි කරමු. එවිට, මෙම ක්ෂේත්‍රය තවත් ප්‍රබල වෙනවා; චුම්භක වලලු තවත් විශාල වෙනවා. එනම් ක්ෂේත්‍රය ප්‍රසාරණය වෙනවා. එය ඇම්ප් 1 ක් දක්වා අඩු කරමු. එවිට ක්ෂේත්‍රය හැකිලෙනවා. මෙය ක්ෂණිකව සිදු වෙනවා.

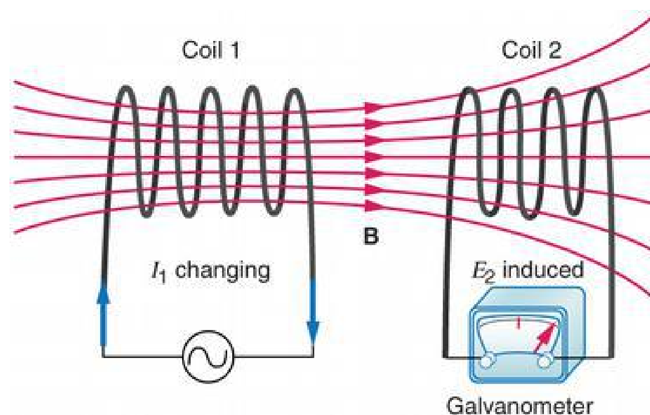
ඒ කියන්නේ වයර් එක තුළින් ගලා යන ධාරාව/විදුලිය වෙනස් වන විට, ඊට අනුරූපව චුම්භක වලලු ප්‍රසාරණය වෙනවා හෝ හැකිලෙනවා.

ආකෘතියක් වශයෙන් හා පැහැදිලි කිරීමේ පහසුව තකා අප කියනවා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය (හෝ වෙනත් ඕනෑම ක්ෂේත්‍රයක්) සෑදී තිබෙන්නේ බල රේඛාවලින් කියා. ඉහත රූපවල චුම්භක ක්ෂේත්‍රයන් ඉරි හෝ රවුම්වලින් දක්වා ඇත්තේ මෙම චුම්භක බල රේඛා තමයි.

ඇත්ත වශයෙන්ම එම චුම්භක ක්ෂේත්‍ර වලල්ල තුල මෙලෙස චුම්භක රේඛා අනන්ත ගණනක් තිබෙනවා කියා උපකල්පනය කළ හැකියි. හරි, දැන් යම් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් තුළ සන්නායකයක් ඇතැයි සිතන්න. චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හා කම්බිය අතර සාපේක්ෂ චලිතයක් ඇති නොවේ නම් හා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය විචලනය නොවේ නම්, ඇත්තටම මෙහිදී කිසිවක් අමුතු දෙයක් සිදු නොවේ.

**සටහන**
යම් A හා B යන දෙකක් අතර <u>සාපේක්ෂ චලිතයක්</u> ඇති වෙනවා යනුවෙන් කී විට ඉන් හැඟවෙන්නේ කුමක්ද? එක්කෝ A නිශ්චලව තිබියදී B චලනය වේ. නැතහොත් B නිශ්චලව තිබියදී A චලනය වේ. නැතහොත් දෙකම එකවර චලනය වේ. ඒ කියන්නේ දෙකෙන් එකක සිට බලන විට අනෙක චලනය වනවා සේ දැනිය යුතුය. ඔබ වාහනයක ගමන් කරන විට, ඔබට පේනවා ගස් ගෙවල් ආදිය ඔබට සාපේක්ෂව පසුපසට යනවා සේ. සත්‍ය ලෙසම ඔබයි ඒවාට සාපේක්ෂව ඉදිරියට යන්නේ. කුමක් ගමන් කළත් කමක් නැහැ; සාපේක්ෂ චලිතයේදී වැදගත් වන්නේ එකක් අනෙකට සාපේක්ෂව චලනය වීමයි.

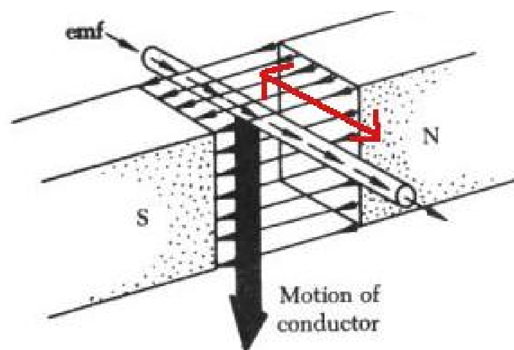
එහෙත් එක්කෝ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය විචලනය වේ නම්; නැතහොත් ඒ දෙක අතර සාපේක්ෂ චලිතයක් ඇති වේ නම්, විද්‍යුත් ප්‍රේරණය නම් සංසිද්ධිය සිදු වේ. ඒ කියන්නේ ක්ෂේත්‍රය තුළ තිබෙන සන්නායකයේ අමුතුවෙන් විදුලි ශක්තියක් උත්පාදනය වේ. මෙහිදී එම කම්බියට කොහෙන්වත් විදුලියක් ගෙනත් දුන්නේ නැත; තමන් විසින්ම විදුලියක් උත්පාදනය කරගත්තා. හොඳින් මතක තබා ගන්න මෙලෙස ප්‍රේරිත විදුලයක් හටගැනීමට නම් අනිවාර්යයෙන්ම ක්ෂේත්‍රය හා සන්නායකය අතර සාපේක්ෂ චලිතයක් සිදු විය යුතුය නැතිනම් චුම්භක ක්ෂේත්‍රය විචලනය විය යුතුය. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ coil 1 හි විචලනය වන විදුලියක් ගමන් කරන විට, ඊට අනුරූපව විචලනය වන චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් ඇති වී, එම විචලනය වන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය coil 2 හි කැපීමෙන් එහි ප්‍රේරිත විදුලියක් හටගනී. (ගැල්වනොමීටරය මගින් එම ප්‍රේරිත ධාරාවේ ප්‍රමාණය මැනගත හැකියි.)




ඇත්තටම මෙලෙස හේතු/සාධක (ක්ෂේත්‍රය විචලනය වීම හා සාපේක්ෂ චලිතයක් ඇති වීම) දෙකක් පෙන්නුවත් මෙතැන තිබෙන්නේ එකම හේතුවකි/සාධකයකි. මේ දෙකම එකක් බව පහසුවෙන්

තේරෙනවා ක්ෂේත්‍රය පුරාම තිබෙන්නේ චුම්භක බල රේඛා බව සිතුවොත්. ප්‍රේරණය සිදු වන්නේ චුම්භක බල රේඛා සන්නායකයක් විසින් කැපීමේදිය. දැන් නැවතත් අර සාධක දෙක ගැන බලමු.

චුම්භක ක්ෂේත්‍රය තුළ තිබෙන සන්නායකය චලනය වන අවස්ථාවේදී එම සන්නායකය විසින් බල රේඛා කපනවා. හරියට සුළං හමන විට ඔබ එම සුළඟට මුහුණ දෙමින් දුවනවා වාගේ (එවිට ඔබට දැනෙනවා සුළං රැළි ඔබේ ශරීරයේ වදිනවා). ඇත්තටම මෙහිදී සන්නායකය ක්ෂේත්‍රය තුල චලනය විය යුත්තේ බල රේඛා කැපෙන පරිදියි. බල රේඛා නොකැපෙන පරිදිත් චලනය විය හැකියි. එවිට විදුලියක් ප්‍රේරණය නොවේ. පහත රූපයේ රතුපාටින් පෙන්වා තිබෙන දිශා ඔස්සේ මෙම සන්නායකය චලනය වුවොත් ඉන් බල රේඛා කැපී නොයයි. උපමාවකින් මෙය කදිමට පැහැදිලි කර ගත හැකියි. සිතන්න ඔබ වටා තවත් මිනිසුන් රාශියක රැස්ව සිටිනවා කියා. එවිට ඔබට ඔබේ අත හරහාට සොලවන්නට බැහැ මොකද අනිත් අයගේ ඇඟේ වදින නිසා. එහෙත් අනිත් අයගේ ඇඟේ නොවදින ලෙසටත් අත් සෙලවිය හැකියි උඩට හා පහලට සෙලවීමෙන්. එලෙසම ක්ෂේත්‍රය හරහා සන්නායකය චලනය වන විටයි බල රේඛා කැපෙන්නේ. සන්නායකය ක්ෂේත්‍රය තුළ ඉහල පහල චලනය වන විට බල රේඛා නොකැපේ (එනම්, ක්ෂේත්‍රය හරහාට තිබෙන මේස මතුපිටක් වැනි යැයි සිතුවොත් එහි ඉහලට පහලට චලනයක් සිදු වේ නම්, එතැන බල රේඛා නොකැපේ).



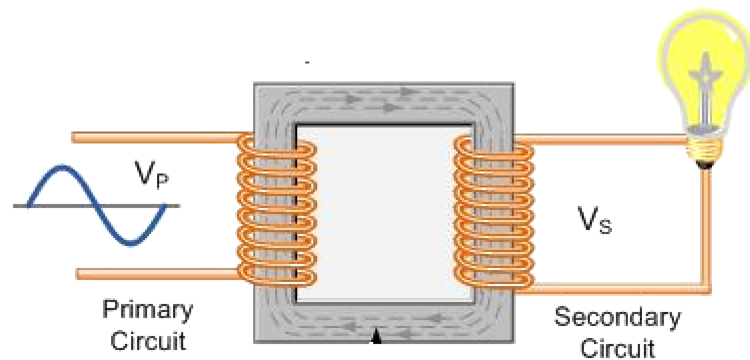

දෙවැනි සාධකය බලමු. ක්ෂේත්‍රය විචලනය වෙන විට (එනම් ක්ෂේත්‍රයේ වලලු වරින් වර ප්‍රසාරණය වීම හා සංකෝචනය වීම), එවිටද සන්නායකය කපාගෙන වලලු/බල රේඛා විචලනය වේ. දැක්කද මේ සාධක දෙකෙන්ම සිදුවන්නේ එකම දෙය වන බල රේඛා කැපීමයි.

චුම්භකයක් හා සන්නායකයක් අතර සාපේක්ෂ චලිතයක් ඇති කර එමඟින් විදුලියක් උත්පාදනය කිරීමේ උපක්‍රමයට තමයි අප විදුලි ජෙනරේටර් කියා කියන්නේ. එහෙත් මෙය ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පාඩමක් නිසා ජෙනරේටර් ගැන දැනට පැහැදිලි කරන්නට යන්නේ නැත (එය අයත් වන්නේ ඉලෙක්ට්‍රිකල් ක්ෂේත්‍රයටයි).

මේ අනුව, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල ඉන්ඩක්ටර් පාඩමට අවශ්‍ය වන්නේ විචලනය වන ක්ෂේත්‍රය නම් සාධකයයි. සාමාන්‍ය කාන්දම් කැලිවල තිබෙන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය අපට ඕන ඕන විදියට විචලනය කළ නොහැකියි. එම ක්ෂේත්‍ර බොහෝදුරට ස්ථාවරයි. එහෙත් විද්‍යුත් චුම්භකවල ක්ෂේත්‍රය පහසුවෙන් අපට ඕන ඕන විදියටත් ඉතා ක්ෂණයකිනුත් විචලනය කරන්නට හැකියි. කරන්නට තිබෙන්නේ විද්‍යුත් චුම්භකය හරහා ගලන ධාරාව අපට ඕන ඕන විදියට විචලනය කිරීම පමණයි.

## අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය

දැන් මෙම විද්‍යුත් චුම්භකය හරහා ගලන ධාරාව විචලනය කරන්න. එවිට, එහි හටගන්නා විචලනය සහිත ක්ෂේත්‍රය තුළ සන්නායක කම්බියක් තැබූ විට, එම කම්බියේ විදුලියක් හට ගන්නවා/ප්‍රේරණය වෙනවා. එක් කම්බියක් තුළින් විචලනය වන විදුලියක් යවන විට අනෙක් අසල ඇති කම්බියේ විදුලියක් හට ගැනීම හඳුන්වන්නේ "අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය" (mutual induction) ලෙසයි. ට්‍රාන්ස්ෆෝමර් යනු අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය මත සාදා තිබෙන උපාංගයකි. ධාරාව යවා විද්‍යුත් චුම්භකය බවට පත් කළ පළමු සන්නායකය "ප්‍රේරක කොයිල් එක" හෙවත් "ප්‍රාථමික කොයිලය" (primary coil) ලෙස හැඳින් විය හැකියි. විදුලිය උත්පාදනය වන අනෙක් සන්නායකය "ද්විතියික කොයිලය" (secondary coil) ලෙස හැඳින් විය හැකියි. පහත රූපය බලන්න.




මෙලෙස ප්‍රේරණය වන විදුලිය වැඩි කිරීමට ක්‍රම දෙකක් තිබේ. එකක් නම් ක්ෂේත්‍රය ප්‍රබල කිරීමයි. (මේ සඳහා ප්‍රාථමික සන්නායකය හරහා ගලා යන ධාරාව වැඩි කළ හැකියි (පළමු සාධකය). ඊට අමතරව ප්‍රාථමික සන්නායකයේ පොටවල් ගණනද වැඩි කළ හැකියි (දෙවැනි සාධකය).) දෙවැන්න වන්නේ ප්‍රාථමිකයේ විචලනය වන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය ඉහල දැමීමයි (තුන්වැනි සාධකය). මේ කාරණා සියල්ලම සිදු කරන්නේ ප්‍රාථමික දඟරයටයි.

තවද, ද්විතියක දඟරයේ පොටවල් ගණන වැඩි කිරීමෙන්ද ද්විතියකය තුළ ප්‍රේරණය වන විභවය වැඩි කරගත හැකියි (හතරවැනි සාධකය).

### ෆැරඩේ නියමය

මෙම කාරණා/සාධක Faraday නම් විද්‍යාඥයා විසින් පර්යේෂණාත්මව සොයා ගන්නා ලදි. එය සූත්‍රයක් ලෙස ෆැරඩේ සූත්‍රය නමින් පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි.

ද්විතියකයේ ප්‍රේරණය වන විදුලි විභවය = (ද්විතියිකයේ පොටවල් ගණන)x(ප්‍රාථමිකයේ විචලනය වන විදුලිය නිසා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය විචලනය වන වේගයේ සංඛ්‍යාතය)

කෙටියෙන් එය, $e=N(\frac{d\Phi}{dt})$ ලෙස ලියනවා.

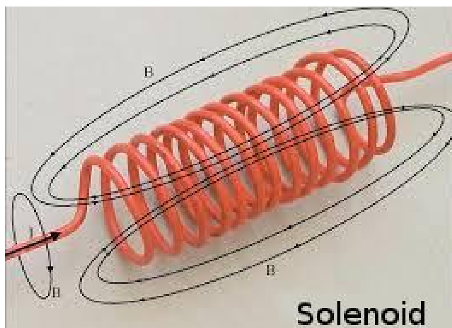
මෙම සූත්‍රය තුළ ප්‍රාථමික දඟරයෙන් ඇතිවන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය (ɸ) මගින් ප්‍රාථමිකයේ ගලන ධාරාව හා ප්‍රාථමිකයේ පොටවල් ගණන යන සාධක දෙකම කැටි කොට ඇත. ඊට අමතරව, චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ

කාලය විෂයෙන් අවකලනය ගැනීමෙන් (dφ/dt) ප්‍රාථමික දඟරය තුළ ගලන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය නිරූපණය කෙරේ. N යනු ද්විතියකයේ පොටවල් ගණනයි. ඉතිං මෙම ෆැරඩේ සූත්‍රය තුළ ඉහත පෙන්වූ සාධය සියල්ල (4 ම) නිරූපණය වෙනවා නේද?

මෙම ෆැරඩේ සූත්‍රයෙන් ලැබෙන්නේ ද්විතියකයේ උත්පාදනය වන විදුලියේ විභවයයි. N යනු ද්විතියිකයේ පොටවල් ගණන වන අතර වරහන තුළ තිබෙන කොටස දක්වා ඇත්තේ අවකලනය නම් ගණිත නිරූපණ ක්‍රමය අනුවයි. කාලයට සාපේක්ෂව චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ විචලන සංඛ්‍යාතය ඉන් නිරූපණය කෙරේ. සමහර අවස්ථාවල N (පොටවල් ගණන) ඉහත සූත්‍රයෙන් ඉවත් කරද දක්වනවා; එවිට එය එක් පොටක් සඳහා වන සූත්‍රය බව සිහිතබා ගන්න.

තවද, බොහෝවිට ඉහත සූත්‍රය $e = -N(\frac{d\Phi}{dt})$ ලෙස (සෘණ සලකුණක් සහිතව) පෙන්වනවා. මීට හේතුව ඔබ තව මොහොතකින් ඉගෙන ගන්නා ලෙන්ස් නියමයේ බලපෑමයි. එනම්, මෙලෙස ප්‍රේරණය වන විදුලිය හැමවිටම කොලියේ ප්‍රේරක විදුලියට විරුද්ධවයි පිහිටන්නේ. ඒ කියන්නේ ප්‍රේරක විදුලිය ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙන්නට උත්සහ කරන විට, මෙම ප්‍රේරිත විදුලිය එම වැඩිවීම වැලැක්වීමට හැකි වන පරිදියි පිහිටන්නේ (එනම් ප්‍රේරක විදුලිය ගමන් කරන පැත්තට විරුද්ධ පැත්තට ගමන් කරමින්). එමෙන්ම ප්‍රේරක විදුලිය ක්‍රමයෙන් අඩු වෙන්නට උත්සහ කරන විට, මෙම ප්‍රේරිත විදුලිය එම අඩු වීම වැලැක්වීමට හැකි වන පරිදියි පිහිටන්නේ (එනම් දැන් ප්‍රේරක විදුලිය ගමන් කරන දිශාව ඔස්සේම ප්‍රේරිත විදුලියද ගමන් කරමින්). මේ වග නිරූපණය කරන්නේ එම සෘණ සලකුණින්.

අවස්ථා කිහිපයකම පෙන්වා දුන්නා පොටවල් (එනම් සන්නායක කම්බි) ගණන වැඩි කරන විට ප්‍රේරණ ගුණය වැඩි වන බව. මෙහිදී ප්‍රායෝගිකව පොටවල් ගණන වැඩි කරන්නේ කම්බි/වයර් ගොන්නක් (අර දර මිටියක් සේ) එකට ගැනීමෙන් නොව. ඊට වඩා පහසු කාර්යක්ෂම ක්‍රමය නම් එය පහත රූප දෙකේ දැක්වෙන සේ දඟරයක් (coil) සේ සකස් කිරීමයි. මින් එක් දඟර ක්‍රමයක් solenoid (සොලනොයිඩ්) ලෙස හැඳින් වෙන අතර, අනෙක් දඟර ක්‍රමය toroid (ටොරොයිඩ්) ලෙස හැඳින්වෙනවා.

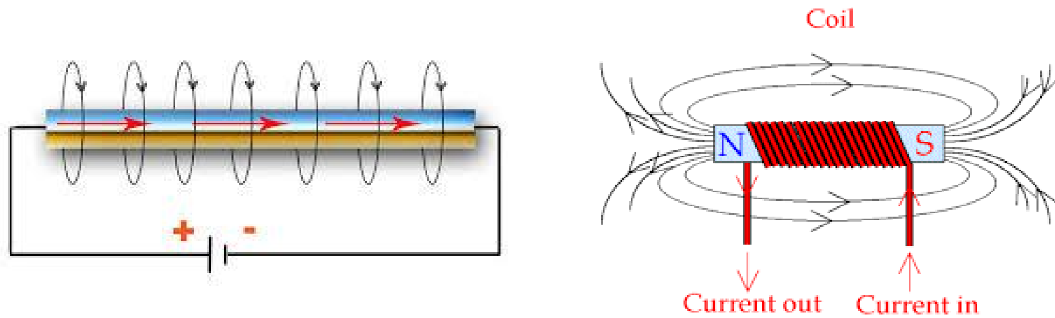




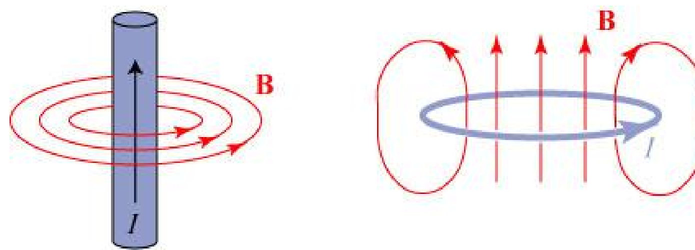


කොයිල් එකක එක් සම්පූර්ණ වටයක් එක පොටක් සේ සැලකෙනවා. ඒ අනුව, දඟරයේ වට 100 ක් ඇත්නම්, පොටවල් 100 ක් ඇතැයි සැලකෙනවා.

සෘජු කම්බියක විද්‍යුත් චුම්භකයක් සැදෙන විට, චුම්භක ක්ෂේත්‍රය රවුම් රවුම් සේ පවතී (චුම්භක මුදු). මෙවිට චුම්භක උතුර-දකුණ නිශ්චිතවම සෙවිය නොහැකියි (මුදුවේ එක් තැනක් උතුර ලෙස සැලකුවොත්, ඊට හරියටම අංශක 180 ක් ගිය තැන දකුණ ලෙස සැලකීමට සිදු වේ). එහෙත් කොයිලයක් සැලකීමේදී එක් එක් කොයිල් වටයේ චුම්භක මුදු එකතු වී (අධිස්ථාපනය වී) පහත රූපවල පෙන්වා ඇති පරිදි සෘජු චුම්භක රේඛා ඇති වේ (මුදු ලෙස නොව, දිගැටි රේඛා ලෙස චුම්භක ක්ෂේත්‍රය දැන් පවතිනවා). හරියටම කාන්දම් කැලිවල චුම්භක රේඛා පවතින්නෙත් කොයිල්වල පවතින විදියටමයි.




මින් හැඟවෙන්නේ ධාරාව සෘජුව ගමන් කරන විට, චුම්භක රේඛා පිහිටන්නේ රවුමට (මුදු ආකාරයට) වන අතර, ධාරාව රවුමට ගමන් කරන විට, චුම්භක රේඛා පිහිටන්නේ සෘජුව වේ (පහත රූපය).




ද්විතියිකය තුළ යම් විදුලි විභවයක් හට ගන්නවා යනු එය හරහා යම් ධාරාවක්ද හට ගන්නවා කියන එකයි. එම ධාරාව ඕම් නියමය අනුව ඔබට නිර්ණය කළ හැකියි (වෝල්ටීයතාව හා ද්විතියිකයේ ප්‍රතිරෝධය දන්නා නිසා).

## ලෙන්ස් නියමය

මෙම ධාරාව ගලා යන දිශාවද වැදගත්. එම ප්‍රේරිත ධාරාවේ (induced current) දිශාව නිර්ණය කරන්නේ කෙලෙසද? මේ සඳහා සරල නියමයක් තිබෙනවා Lenz's Law (ලෙන්ස් නියමය) ලෙස. එය මෙසේ පැහැදිලි කළ හැකියි. මුල් ධාරාව විසින් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් සාදනවා. එම ක්ෂේත්‍රය විසින් ප්‍රේරිත ධාරාව නිපදවනවා. එම ප්‍රේරිත ධාරාව ගමන් කරන විට, නැවතත් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් ඊට අනුරූපව ජනිත වෙනවා. එවිට, චුම්භක ක්ෂේත්‍ර දෙකක් දැන් පවතිනවා. මෙම චුම්භක ක්ෂේත්‍ර දෙක අතර අපූරු අන්‍යොන්‍ය සම්බන්ධතාවක් පවතිනවා (යාලුවො දෙන්නෙක් වාගේ). මුල් ක්ෂේත්‍රය වෙනස් වන විට, දෙවන ක්ෂේත්‍රය හැමවිටම උත්සහ කරනවා එම වෙනස අහෝසි කර දමන්න. ඒ කියන්නේ මුල් ක්ෂේත්‍රය මොහොතකින් අඩු වෙනවා යැයි සිතමු. එවිට දෙවැනි ක්ෂේත්‍රය එම අඩුවීම වැළැක්වීමට ක්‍රියා කරනවා. එලෙසම මුල් ක්ෂේත්‍රය මොහොතකින් වැඩි වෙනවා යැයි සිතමු. එවිට දෙවැනි ක්ෂේත්‍රය

එම වැඩිවීම වැලැක්වීමට උපක්‍රම යොදනවා. එය කරන්නේ කෙලෙසද?

හරිම පහසුයි. ක්ෂේත්‍රයක් අඩු හෝ වැඩි කිරීමට ඇති හොඳම ක්‍රමය ධාරාව අඩු වැඩි කිරීම බව මුලදීත් සඳහන් කළා. දැන් මෙලෙස තර්ක කර බලන්න. මුල් ක්ෂේත්‍රය වැඩිවෙන අවස්ථාව ගන්න. එවිට දෙවැනි ක්ෂේත්‍රය කෙසේ හැසිරිය යුතුද? දෙවැනි ක්ෂේත්‍රයට කරන්නට තියෙන්නේ පළමු ක්ෂේත්‍රයේ දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට තමන්ගේ ක්ෂේත්‍රය පවත්වා ගන්නයි (විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය මෙන්ම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයද දෛශික රාශි වේ; එනම් දිශාවන් වැදගත්ය). උදාහරණයක් ලෙස ප්‍රාථමික කම්බියේ ධාරාව ගලන්නේ යට සිට උඩට නම්, දකුණත් රීතිය අනුව චුම්භක වලලුවල දිශාව වාමාවර්ත වේ. එම දිශාවටම වැඩිපුර ධාරාවක් ගලන විට, එම ක්ෂේත්‍රය තවදුරටත් ප්‍රසාරණය වන්නට උත්සහ කරනවා. මේ එක්කම අනෙක් කම්බියේද විදුලි ධාරාවක් ගලා යනවා. එනිසා එය තුළත් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගන්නවා. ඉහත ලෙන්ස් නියමය අනුව මෙම අලුත් ක්ෂේත්‍රය අර මුල් ක්ෂේත්‍රයේ ප්‍රසාරණය වලක්වන විදියටයි පිහිටන්නට ඕන. ඒ කියන්නේ මෙම අලුත් ක්ෂේත්‍රය දක්ෂිණාවර්තව පිහිටිය යුතුයි (දෙක එකිනෙකට විරුද්ධ දිශාවලට පිහිටන විටනේ එකිනෙකට කොටස් කැපී යන්නෙ). නැවත දකුණත් රීතිය මෙම දෙවැනි කම්බියට දැන් යොදන්න. එවිට ධාරාව ගලා යා යුත්තේ උඩ සිට පහලට බව පෙනෙනවා. මෙන්න මේ විදියට තමයි ලෙන්ස් නියමය මඟින් ප්‍රේරිත ධාරාවේ දිශාව සෙවිය යුත්තේ. මෙහිදී ඔබ තැවෙන්න එපා දෙවැනි ක්ෂේත්‍රය ඇත්තටම පළමු ක්ෂේත්‍රයට බලපෑම් කරනවාද නැද්ද කියා. මෙය ආකෘතියක් පමණයි.

මෙලෙසම දැන් තර්ක කර බලමු පළමු ක්ෂේත්‍රය සංකෝචනය වන විට කුමක්ද සිදු වන්නේ කියා. නැවතත් සිතන්න ප්‍රාථමික සන්නායකයේ ධාරාව යට සිට උඩට ගමන් කරන බව. එවිට ක්ෂේත්‍රයේ වලලු පිහිටන්නේ වාමාවර්තවයි. දැන් ප්‍රාථමිකය හරහා යන ධාරාව අඩු වෙනවා යැයි සිතමු. එවිට ක්ෂේත්‍රය සංකෝචනය වන්නටයි හදන්නේ. එහෙත් ද්විතියිකයේ ප්‍රේරිත චුම්භක ක්ෂේත්‍රය උත්සහ කරන්නේ මෙම සංකෝචනය නවතා දමන්නට. ඒ සඳහා කරන්නට තිබෙන්නේ අඩුවන ක්ෂේත්‍රය ඊට ලබා දීමයි. ඒ කියන්නේ ද්විතියිකයේ ක්ෂේත්‍රයත් ප්‍රාථමිකයේ ක්ෂේත්‍රයට එකතු විය හැකි පරිදියි සැකසෙන්නේ. ඒ කියන්නේ ද්විතියික ක්ෂේත්‍රයත් වාමාවර්තව සැදෙනවා. එමනිසා දකුණත් නියමය අනුව, ද්විතියිකයේ හටගන්නා ධාරාවත් යට සිට උඩට ගමන් කිරීමට සිදු වෙනවා.

ලෙන්ස් නියමය අපූරුය. එහෙත් සමහරෙකුට එය කරදරයක් සේ දැනේ. එවැනි අයට මෙලෙස එය මතක තබා ගත හැකියි අවශ්‍ය නම්. චුම්භක ක්ෂේත්‍රය වැඩිවන විට ප්‍රේරිත ධාරාව ගලන්නේ මුල් ධාරාවට විරුද්ධ දිශාවටයි. ක්ෂේත්‍රය අඩුවන විට, ප්‍රේරිත ධාරාව මුල් ධාරාවේ දිශාවටම ගමන් කරයි.

එයම මෙලෙසත් මතක තබා ගත හැකියි. මුල් ධාරාව වැඩි වන විට, ප්‍රේරිත ධාරාව මුල් ධාරාවේ දිශාවට විරුද්ධ පැත්තට ගමන් කරන අතර, මුල් ධාරාව අඩුවන විට, ප්‍රේරිත ධාරාව මුල් ධාරාවේ දිශාවටම ගමන් කරයි. මෙහිදී ප්‍රේරිත ධාරාව විසින් සිදු කරන්නේ මුල් ධාරාව නියාමනය කිරීමක් වැනි දෙයකි. එනම්, මුල් ධාරාව වෙනස් වෙනවාට ප්‍රේරිත ධාරාව කැමැති නැත. ප්‍රේරිත ධාරාව හොඳ ආදරවන්තයෙක්; (මුල් ධාරාව නමැති) පෙම්වතිය වෙනස් වෙනවාට එයා කැමැති නැත.

## ස්වයං ප්‍රේරණය

ඉහත විස්තරය කියවන විට ඔබට පහසුවෙන්ම අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය අවබෝධ කර ගත හැකියි. එහෙත් තවත් වර්ගයේ ප්‍රේරණයක් තිබෙනවා "ස්වයං ප්‍රේරණය" (self induction) නමින්. මෙය තමයි (අප

මෙම පාඩමින් කතා කරමින් සිටින) ප්‍රේරකවල භාවිතා වන ප්‍රේරණ වර්ගය. එකවරම සමහරෙකුට මෙය අර තරම් පහසුවෙන් තේරුම් ගන්නට අපහසු වේවි. ස්වයං ප්‍රේරණයේදී සන්නායක දෙකක් අවශ්‍ය නැත. ප්‍රේරණය සිදු වන්නේද මුල් (ප්‍රාථමික) දඟරයේමයි. එහෙත් ඉහත අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය ගැන කියූ විස්තර එලෙසම මීටද වලංගු වේ. පෙර සේම යම් සන්නායකයක් හරහා විචලනය වන විදුලියක් යවනවා. එමඟින් විචලනය වන චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හටගන්නවා. දැන් එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ බල රේඛා විසින් එම සන්නායකයම කපනවා (හරියට පෙර අවස්ථාවෙදී අසල තිබුණු සන්නායකය කපනවා වාගේ). එවිටත් එම බල රේඛා කැපීම නිසා අලුතින් විදුලියක් එම සන්නායකය තුල උත්පාදනය වෙනවා. මෙම අලුතින් හටගත් විදුලියට back EMF හෝ counter EMF (CEMF) යන නම ව්‍යවහාර වෙනවා. (EMF යනු electromotive force යන්නෙහි කෙටි වදනයි. එහි සිංහල තේරුම "විද්‍යුත්ගාමක බලය" යන්නයි. එය වෝල්ටියතාවට කියන තවත් නමක් පමණි. මෙහි බැක් හෝ කවුන්ටර් යන වචන දෙකෙහි ඇත්තේ "ආපසු/විරුද්ධ" යන තේරුමයි. ලෙන්ස් නියමය අනුව හැමවිටම මුල් ධාරාවට/විදුලියට විරුද්ධව එය ක්‍රියා කරන නිසා මේ නම ලැබී ඇත.) ඔව්, දැන් එම සන්නායකය තුළ විදුලි ධාරාවන් දෙකක් ගමන් කරනවා. එකක් නම්, මුලින්ම ගමන් කළ විදුලිය; අනෙක නම් ස්වයං-ප්‍රේරණය නිසා අලුතින් ඇති වූ විදුලියයි. මෙම ධාරා දෙක හැසිරෙන ආකාරය තමයි ඉන්ඩක්ටරයේ ක්‍රියාකාරිත්වය පිටුපස තිබෙන රහස.

දැන් තවදුරටත් ප්‍රේරණතාව ගැන සලකා බලමු. පළමුව, අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණතාව ගැන බලමු (අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය අප ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල යොදන ප්‍රේරකවලට වැදගත් නොවුණත් මේ ගැන දැන සිටීම අනෙක් කාරණා අවබෝධ කර ගැනීමට පහසුය). අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය (mutual induction) යනු ප්‍රාථමික කොයිලය තුළින් යම් ධාරාවක් ගලන විට, ද්විතියකයේ කොතරම් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් (හෝ ස්‍රාවයක්) ඇති වෙනවාද යන්නයි. ඒ අනුව, ප්‍රාථමිකයේ ධාරාවට සමානුපාතිකයි ද්විතියිකයේ චුම්භක ස්‍රාවය (magnetic flux). සමානුපාතිකයක් සමාන කිරීම ගණිතානුකූලව සිදු කරන ආකාරය නම් යම් නියතයක් (constant) යෙදීමයි. මෙන්න මෙම නියතය තමයි "අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණතාව" (mutual inductance) ලෙස හැඳින්වෙන්නේ.

$\psi \propto I$ (චුම්භක ස්‍රාවය සමානුපාතිකයි ධාරාවට)

$\psi = MI$ (M යනු අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණතාවයි)

එහෙත් අපට චුම්භක ස්‍රාවයකින් එතරම් ප්‍රයෝජනවත් නැත. ඉහතදී පෙන්වා දුන් ෆැරඩේ නියමය අනුව අපට චුම්භක ස්‍රාවය විභවයකට පරිවර්ථනය කළ හැකියි ( (ස්‍රාවය/කාලය) සමානුපාතිකයි විභවය නිසා). ඒ අනුව අපට ඉහත සූත්‍රයම පහත වඩා ප්‍රයෝජනවත් ආකාරයට සකස් කළ හැකියි.

$$\psi = MI$$

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{d(MI)}{dt} \quad \text{දෙපසම කාලය විෂයෙන් අවකලනය කිරීමෙන්}$$

$$e = M\frac{dI}{dt}$$

ඉහත (අවසානයේ පෙනෙන) සූත්‍රය වචනයෙන් මෙසේ කිව හැකියි. ප්‍රාථමිකයේ ධාරාවේ වෙනස් වීමේ සීඝ්‍රතාවට සමානුපාතිකව ද්විතියිකයේ ප්‍රේරිත විභවය පවතී. මේ අනුව, ප්‍රාථමිකයේ එක් තත්පරයක් තුළදී ධාරාව ඇම්ප් එකකින් වෙනස් වන විට, ද්විතියිකයේ වෝල්ට් එකක් හට ගත්තේ නම්, එහි අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණතාව හෙන්රි එකකි (1 = M (1/1) → M = 1 Henry).

දැන් අපට පහසුවෙන්ම අපට වැදගත් ස්වයං-ප්‍රේරණතාව අවබෝධ කර ගත හැකියි. ස්වයං-ප්‍රේරණතාව

යනු කොයිලය තුළ යම් ධාරාවක් ගමන් කරන විට, එහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස එම කොයිලයේම සමානුපාතිකව ඇතිවන චුම්භක ස්‍රාවය කොපමණද යන්නයි.

$\psi \propto I$ (චුම්භක ස්‍රාවය සමානුපාතිකයි ධාරාවට)

$\psi = LI$ (L යනු ස්වයං-ප්‍රේරණතාවයි)

පෙර ලෙසම ස්‍රාවයට වඩා විභවය ප්‍රයෝජනවත් නිසා විභවය ඇසුරින් ඉහත සූත්‍රය පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි.

$$\psi = LI \rightarrow e = L\frac{dI}{dt}$$

මේ අනුව, කොයිලයේ තත්පර එකක් තුළ ඇම්පියර් එකක වෙනසක් සිදු වන විට, එම කොයිලයේම වෝල්ට් එකක් ප්‍රේරණය වන විට, ස්වයං-ප්‍රේරණතාව හෙන්රි එකකි. ස්වයං-ප්‍රේරණතාව තමයි අප මෙම ඉලෙක්ට්‍රොනික් පාඩම් මාලාවට මින් ඉදිරියට පදනම් කර ගන්නේ.

ඕනෑම සන්නායකයක්/වයරයක්/කම්බියක් ගත් විට, එය ඉබේම ඉන්ඩක්ටරයක් සේ ක්‍රියා කරනවා. කිසිසේත් එය වැලැක්විය නොහැකියි. එය ඔබට සිතාගත හැකියිනෙ. එනම්, ධාරාවක් ගමන් කරන විට, අනිවාර්යෙන්ම එහි චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගන්න අතර, එම ධාරාව විචලනය වන විට, ස්වයං-ප්‍රේරණය එතුල සිදු වේ. එහෙත් එවැනි තනි පොටක් සහිත වයර් එකක පවතින ඉන්ඩක්ටන්ස් එක ඉතාම කුඩාය. සාමාන්‍ය පරිපථවලදී එය කිසිසේත් ගණන් ගන්නේ නැත. පොටවල් ගණන වැඩි කරන විට (එනම් කොයිල් එකක් ලෙස සෑදීමෙන්) හා තවත් උපක්‍රම මගින් ඉන්ඩක්ටන්ස් එක වැඩි කර ගත හැකියි (මේ ගැන මොහොතකින් විමසමු). ඉන්ඩක්ටන්ස් එක වැඩි කිරීමට යොදා ගන්නා උපක්‍රමය අනුව ඉන්ඩක්ටර් එක සඳහා යොදා ගන්නා සංකේත හතරක් පමණ ඇත. පහත දැක්වෙන්නේ ඉන්ඩක්ටර් සඳහා සම්මත සංකේතයි. ඇඳීමේ පහසුව පිණිස සමහරවිට පළමු සංකේතය පොදුවේ භාවිතා වෙනවා.













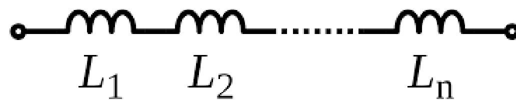
## ශ්‍රේණිගතව හා සමාන්තරගතව ඉන්ඩක්ටර් සම්බන්ධ කිරීම

අනෙක් උපාංග මෙන්ම ඉන්ඩක්ටර්ද ශ්‍රේණිගතව හා සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කළ හැකියි. ප්‍රතිරෝධකවල සූත්‍රවලට අනුරූප මෙම සූත්‍ර පවතී. එනම්, ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කරන විට, නිකංම

ඉන්ඩක්ටර් අගයන් එකතු වන අතර, සමාන්තරගතව සම්බන්ධ වන විට, ඒ උපාංගවල පරස්පරයන්ගේ එකතුව සමක ප්‍රතිරෝධකයේ පරස්පරයට සමාන වේ.

ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධය සඳහා

**$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \ldots$**

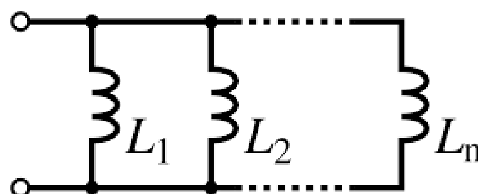



මෙය සාධනය කිරීම ඉතා පහසුය. ධාරිත්‍රක සඳහා Q = CV යන සූත්‍රය පවතින්නා සේ, ප්‍රේරක සඳහා e = L(dI/dt) සූත්‍රය පවතී. මෙම සූත්‍රය ඉහත එක් එක් ප්‍රේරකයට යොදන්න මොකද ප්‍රේරක සියල්ලෙහිම වෝල්ටියතාවන්ගේ එකතුව භාහිර වෝල්ටියතාවට සමාන වේ. තවද, මේ සියල්ලම තුලින් ගලා යන්නේ එකම ධාරාව වන අතර එම ධාරාව විචලනය වන සංඛ්‍යාතය මේ සියල්ලටම පොදු වේ. මේ අනුව,

$V_s = e_1 + e_2 + \ldots$
$L_T(dI/dt) = L_1(dI/dt) + L_2(dI/dt) + \ldots$
$L_T = L_1 + L_2 + \ldots$

සමාන්තරගත සම්බන්ධය සඳහා

**$1/L_T = 1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3 + \ldots$**



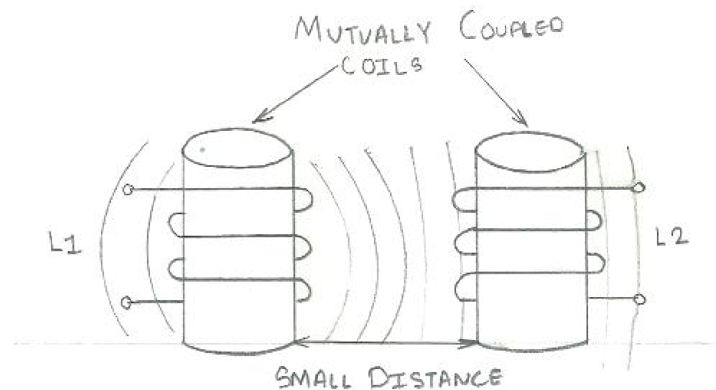

එක් එක් ප්‍රේරකය හරහා යන ධාරාවන් වෙනස් වුවත්, ඒ සියල්ලම දෙපස පවතින්නේ එකම වෝල්ටියතාවකි. ඒ අනුව,

$I_T = I_1 + I_2 + \ldots$
$e/(L_T) = e/(L_1) + e/(L_2) + \ldots$
$1/L_T = 1/L_1 + 1/L_2 + \ldots$

## Mutually coupled coils

ඇත්තටම මෙහි තත්වය එතරම්ම සරල නැත. ඊට හේතුව ඉන්ඩක්ටරයකින් ඇතිවන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය තරමක් ඈතට විහිදීමයි. එවිට ළඟපාතක ඇති උපාංගවලට බලපෑමක් ඇති වේ. එනම්, යම් A නම්

ඉන්ඩක්ටරයක් තවත් B ඉන්ඩක්ටරයක් සමීපයේ පවතිනවා යැයි සිතන්න. ඒ ඉන්ඩක්ටර් දෙක ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව එකිනෙකට සම්බන්ධව තිබිය හැකියි. එහෙමත් නැතිනම් එකිනෙකට සම්බන්ධ නොවී සර්කිට් එකේ ස්ථාන දෙකක පවතින ස්වාධීන ඉන්ඩක්ටර් දෙකක් වුවද විය හැකියි. කෙසේ හෝ වේවා එම ඉන්ඩක්ටර් දෙක කොතරම් සමීපයේ පවතිනවාද කිව්වොත් එක් ඉන්ඩක්ටරයක ක්ෂේත්‍රය අනෙක් ඉන්ඩක්ටරය කපයි. එවිට අපට අවශ්‍ය නොවූ අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණයක් ඇති වෙනවා.



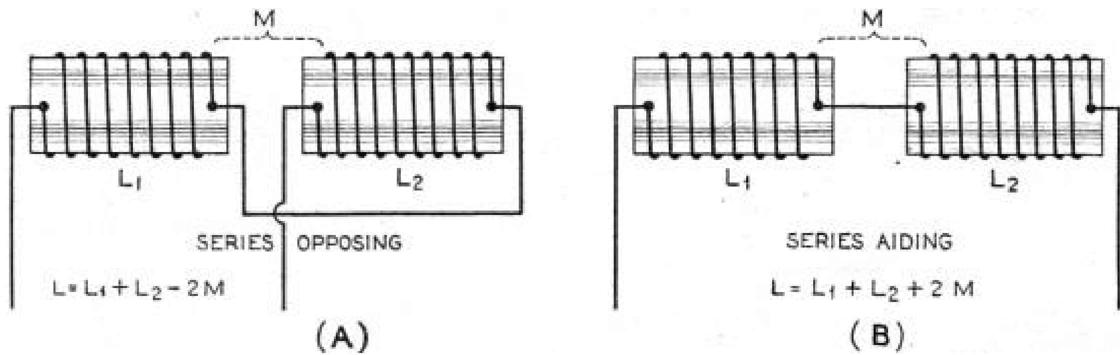

මෙලෙස එකිනෙකට බලපාන පරිදි එකිනෙකට (ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව) සම්බන්ධිත ඉන්ඩක්ටර් දෙකක් නම්, ඉහත ශ්‍රේණිගත හා සමාන්තරගත සූත්‍ර දෙක පහත ආකාරයට වෙනස් වේ. මෙහිදී සිදු කරන්නේ අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණ දෙක එම සූත්‍රවලට ඇතුලු කිරීමයි.

ශ්‍රේණිගත අවස්ථාව සඳහා:

$L_T = (L_1 + M) + (L_2 + M) = L_1 + L_2 + 2M$ හෝ

$L_T = (L_1 - M) + (L_2 - M) = L_1 + L_2 - 2M$

ඉහත දැක්වූ ලෙසට ඒ සඳහා සූත්‍ර දෙකක් ලැබුණේ කෙසේද? කොයිල් ඔතා තිබෙන දිශාව අනුව (හෝ කොයිල් දෙක එකිනෙකට සම්බන්ධ කර තිබෙන විදිය අනුව) එය තීරණය වේ. කොයිලය ඔතා තිබෙන දිශාව (එනම්, කොයිලයේ ධාරාව ගමන් කරන දිශාව) අනුවයි ඉන් ඇතිවන ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව (උතුර-දකුණ) තීරණය වන්නේ. ඉතිං, කොයිල් දෙකේම ක්ෂේත්‍ර දෙක එකම දිශාවට වන සේ නම් ළඟින් ඇත්තේ එමඟින් ඇතිවන අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණ දෙක එම කොයිල්වල ස්වයං-ප්‍රේරණ දෙකට එකතු වේ. එම අවස්ථාව තමයි ඉහත පළමු සූත්‍රයෙන් නිරූපණය වන්නේ (පහත රූපයේ B අවස්ථාව). එලෙසම කොයිල් දෙකෙහි ක්ෂේත්‍ර එකිනෙකට විරුද්ධව ඇතිවන සේ පවතී නම්, අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය ඉහත දෙවැනි සූත්‍රයේ පෙන්වා දී තිබෙන පරිදි අඩු කළ යුතුය (පහත රූපයේ A අවස්ථාව). දකුණත් නියමය යොදමින් ක්ෂේත්‍රයේ දිශාව ඔබට පහසුවෙන් සෙවිය හැකියි.




සමාන්තරගත අවස්ථාව සඳහා:

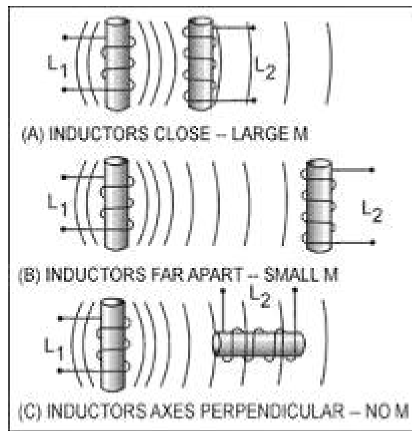
$1/L_T = 1/(L_1 - M) + 1/(L_2 – M)$ හෝ
$1/L_T = 1/(L_1+M) + 1/(L_2 + M)$

ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවේදී එක් එක් ඉන්ඩක්ටන්ස් එකට අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය අඩු හෝ එකතු කළා සේ, මෙහිදී ඒ ඒ ඉන්ඩක්ටන්ස් එකෙන් අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය අඩු හෝ එකතු කෙරේ. කොයිල් දෙකේ ක්ෂේත්‍රයන් එකිනෙකට එකතු වෙන විදියට තිබුණොත් එකතු කිරීමද, එකිනෙකට කැපෙන විදියට තිබුණොත් අඩු කිරීමද සිදු කළ යුතුය.

## Inductive coupling හා interference

එකිනෙකට ඍජුව සම්බන්ධ නැති කොයිල් දෙකක් ගැන සැලකීමේදිත් එහිද ඇති වන්නේ අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණයක් වුවද, එහිදී වෙනස් ආකාරයකින් එය විග්‍රහ කිරීමට සිදු වෙනවා. එනම්, මෙම අවස්ථාවේදී ඇතිවන අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය විශාල කරදරයක් ලෙස සැලකිය යුතුයි. මෙය interference අවස්ථාවකි (මතකද ධාරිත්‍රක ගැන කතා කරන විටත් ඉන්ටර්ෆරන්ස් ගැන කතා කළා). ධාරිත්‍රකවලට වඩා සිය දහස් ගුණයකින් මෙලෙස කොයිල් නිසා ඇතිවන ඉන්ටර්ෆරන්ස් කරදරයකි. එක් කොයිලයක් හරහා යන සංඥාවක් අනෙක් කොයිලයට කාන්දු වීම බරපතල ප්‍රශ්නයක්නෙ. මෙම ඉන්ටර්ෆර්න්ස් එක inductive coupling ලෙස හැඳින්වේ. එහෙත් මතක තබා ගන්න ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව සම්බන්ධිත කොයිල් දෙකකදී සිදුවන අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය කිසිසේත් ඉන්ටර්ෆර්න්ස් එකක් නොවේ මොකද හැමවිටම එම කොයිල් දෙක හරහාම යන්නේ එකම සංඥාව බැවින්. එහෙත් ඒකෙන් කියන්නෙ නැහැ එම අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය කරදරයක් නොවේය කියා.

එමනිසා ඉන්ටර්ෆරන්ස් එකක් ඇතිව හෝ නැතිව ඇතිවන මෙම අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය හැකි තරම් අවම කළ යුතුය. ඒ සඳහා යම් උපක්‍රමයක් ඇත. හැකි පමණ කොයිල් එකිනෙකට ඈතින් තැබීම වැදගත්. එහෙත් හැමවිටම එය කිරීමට අපහසු විය හැකියි (විශේෂයෙන් පරිපථ පුවරුව කුඩයි නම්). තවද, එක් කොයිලයක් අනෙක් කොයිලයට ලම්භකව හෙවත් අංශක 90 ක කෝණයකින් තැබීමෙන්ද එය බොහෝදුරට වැලැක්විය හැකියි. (මතකද මා මීට පෙර උපමාවකිනුත් පැහැදිලි කළා පිරිසක් මැද සිටින විට ඔවුන්ගේ ඇඟේ නොවදින සේ ඔබට අත් සෙලවීමට නම් අත් ඉහල පහල සොලවන්න කියා? ඒ කියන්නේ චුම්භක ක්ෂේත්‍ර දෙකක් ලම්භකව ඇති විට ඒ දෙක අතර අන්‍යොන්‍ය ක්‍රියාකාරිත්වය ඇන හිටිනවා.) පහත රූපයේ A වලින් දැක්වෙන්නේ කොයිල් දෙකක් ළඟින් ඇති විට කරදරකාරී අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය ඇති වන අවස්ථාවක්. B වලින් දැක්වෙන්නේ කොයිල් දෙක ඈත් කළ විට එය අවම වන හැටි. C වලින් දැක්වෙන්නේ කොයිල් දෙක ලම්භකව තැබීමෙන් එය ඉතාම අවම කිරීමයි.




මෙම විස්තරය අනුව ඔබට වැටහී යා යුතු දෙය නම්, අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණයේ ප්‍රමාණය කොයිල් දෙක තිබෙන දුර හා ඒවා පිහිටුවන ආකාරය (orientation) අනුව වෙනස් වන බවයි. එක කොයිලයක පවතින ක්ෂේත්‍රය දුබල නම්, එයින් අනෙක් කොයිලය මත ඇති කරන බලපෑම අවම විය හැකි අතර, අනෙක් කොයිලය ප්‍රබල නම්, එවිට එම කොයිලයෙන් ඇතිවන බලපෑම ඉහලය. ඒ කියන්නේ කොයිල් දෙකට වෙනස් අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණ ප්‍රමාණයන් ඇතිවිය හැකියි. පළමු කොයිල් එකට දැනෙන අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණ ප්‍රමාණය M1 ලෙසද, දෙවැනි කොයිලයට දැනෙන අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණ ප්‍රමාණය M2 ලෙසද දක්වමු. මෙම අගයන් දෙකම වෙනුවට තනි දර්ශීය අගයක් ගත හැකියි M ලෙස මෙම දෙකෙහි ගුණෝත්තර මධ්‍යන්‍ය අගය (එනම් M1, M2 එකට ගුණ කර එහි වර්ගමූල අගය) ගැනීමෙන්.

$$M=\sqrt{M_1 x M_2}$$

කොයිල් දෙක අතර ඇති වන (මධ්‍යන්‍ය) අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය එම කොයිල් දෙකේ ස්වයං-ප්‍රේරණතා අගයන් දෙක මඟින්ද දැක්විය හැකියි පහත ආකාරයට. ඊට අමතරව මෙම සූත්‍රයෙන් කොයිල් දෙකක් කොපමණ "කප්ල්" වෙලා පවතිනවාද යන්න ගැනත් නිවැරදි අදහසක් ගත හැකියි.

$$M=K\sqrt{L_1 L_2}$$

මෙයි K යනු coefficient of coupling ලෙස හැඳින්වෙන සංගුණකයයි. එහි අගය පෙර සඳහන් කළ පරිදිම කොයිල් දෙක පවතින දුර හා ඒ දෙක එකිනෙකට පිහිටා තිබෙන ආකාරය මත තීරණය වේ. K අගයේ උපරිමය 1 වන අතර අවමය 0 වේ. K = 1 වන විට, ඉන් අදහස් කරන්නේ කොයිල් දෙක ඉතාම හොඳින් "කප්ල්" වී ඇති බවයි (එනම් එක් එක් කොයිලයේ ක්ෂේත්‍රයන් අනෙක් කොයිලය හොඳින් කපයි). K = 0 වන විට, ඉන් අදහස් කරන්නේ කොයිල් දෙකේ ක්ෂේත්‍රයන් පොඩ්ඩක්වත් එකිනෙකා කපා නොගන්නා බවයි. පරිපථයක ඉන්ඩක්ටර් ස්ථානගත කරන විට, උත්සහ කළ යුත්තේ මෙම සංගුණකය ශුන්‍ය කිරීමටයි. (එහෙත් ට්‍රාන්ස්ෆෝමර්වලදී මීට ප්‍රතිවිරුද්ධ දේ කළ යුතුය. එනම්, මෙම සංගුණකය 1 බවට පත් කර ගැනීමයි.) ඇත්තටම මෙම සංගුණකය යනු අමුතු දෙයක් නොවේ. ඉහත විස්තරයම ගණිතානුකූලව දැක්වීමට යොදාගත් උපක්‍රමයක් පමණි.

පරිපථවලදී ඉන්ඩක්ටිව් කප්ලිං සංසිද්ධිය හරිම කරදයක් වුවද, එය වටිනා කාර්යන් සඳහා ප්‍රයෝජනයටද ගත හැකියි. මේ වෙන විට වයර්ලස් ක්‍රමයට විදුලි ශක්තිය ගමන් කරවීමට මෙම ඉන්ඩක්ටිව් කප්ලිං ක්‍රමය පර්යේෂණය වෙමින් අත්හදා බලමින් තිබේ. ෆෝන්, ප්ලේයර්, GPS ආදී උපාංගවලට වයර් සම්බන්ධ නොකර චාජ් කිරීමේ inductive charging ලෙස හැඳින්වෙන ක්‍රමය මේ වන විටත් භාවිතයේ පවතී. එහිදී ඔබ එම උපාංගය නිකංම මේසය උඩ (ඉන්ඩක්ටිව් චාජර් එක

ආසන්නයේ) තැබීම පමණයි කළ යුත්තේ. චාජර් වයර් සම්බන්ධ කිරීමට නැත.

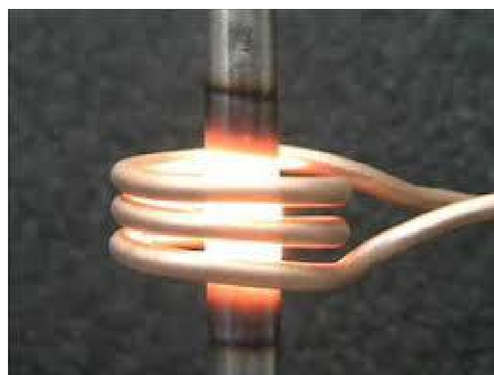


අනාගතයේ ඉලෙක්ට්‍රික් වාහන චාජ් කිරීමටත් මෙය යොදා ගැනීමට සලකා බලමින් සිටී. එනම්, වාහනය පාකිං කරන විට, ඊට යටින් තබා ඇති මෙවැනි ඉන්ඩක්ටිව් චාජර් එකක් මඟින් වාහනයේ බැටරි චාජ් වේවි.



කිලෝමීටර් දහස් ගණනක් ඉහළ අභ්‍යවකාශයේ රඳවා තිබෙන යෝධ සූර්ය පැනල මඟින් නිපදවන විදුලිය පොලොවට එවීම ආදී බොහෝ දේවල් මෙම ඉන්ඩක්ටිව් චාජිං ක්‍රමයෙන් කර ගැනීමට පර්යේෂණ කෙරෙමින් පවතිනවා. ඇත්තටම මෙම ඉන්ඩක්ටිව් කප්ලිං යොදා ගෙන විදුලි ශක්තිය වයර්ලස් ක්‍රමයෙන් බෙදා හැරීම පිළිබඳ සංකල්පය ඉතා පැරණිය. මෙහි පුරෝගාමියා Nicholas Tesla වේ.

තවද, කර්මාන්තවල දැනටත් භාවිතා වන ලෝහ පෑස්සීමට හා යම් යම් දේවල් උණු කිරීමට යොදා ගන්නා inductive heating ක්‍රමයද ඉන්ඩක්ටිව් කප්ලිං මත පදනම් වේ. ගෙවල්වල භාවිත වන induction cooker යනුද ඉන්ඩක්ටිව් හීටිං ක්‍රමයකි. දැනටත් බහුලව භාවිතා වෙන RFID (Radio Frequency Identification) ක්‍රමයද පදනම්ව ඇත්තේ මේ මතයි. මේවා පිළිබඳ පසුවට තව දුරටත් සලකා බලමු.



ප්‍රේරකයක් පරිපථවලට අවශ්‍ය කරන්නේ ඇයි? අනිවාර්යයෙන්ම ඉහත කතා කළ ඉන්ඩක්ටිව් කප්ලිං සංසිද්ධිය නිසා නම් නොවේ (එය කොයිල්වල වෙනත්ම ප්‍රයෝජනයකි). තවද, අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය නිසාත් නොවේ (අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය භාවිතා කරමින් ට්‍රාන්ස්ෆෝමර්, මෝටර්, ජෙනරේටර් නිපදවූවත්, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථ නිර්මාණයට එම ගුණයද වැදගත් නැත). ඒ අනුව, ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලට වැදගත් වන්නේ ස්වයං-ප්‍රේරණයයි. (ඒ කියන්නේ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල භාවිතා වෙන්නේ තනි කොයිල්ය.) ඒ ඇයි? පිළිතුර සරලයි.

ස්වයං-ප්‍රේරණයේදී (එනම් කොයිල් එකේ) ධාරාව විචලනය වන විට, එම විචලනය වැලැක්වීමට නිරායාස උත්සහයක් ඇති වෙනවනෙ. මෙන්න මෙම ගුණය තමයි ප්‍රයෝජනයට ගන්නේ. එය අපට මෙසේ කිව හැකියි.

**"කොයිලයක්/ප්‍රේරකයක්/ඉන්ඩක්ටරයක් විදුලි විචලනයට කැමැති නැත; එය කැමැති වන්නේ ස්ථාවර ඩීසී විදුලියකටයි."**

මෙය බැලූබැල්මට කැපැසිටර් එකේ විරුද්ධ ක්‍රියාව නේද? කැප් එකක් නම් කැමැති නැත්තේ ස්ථාවර ඩීසී විදුලියකටයි; එය විචලනය වන විදුලියට ඉතා කැමැතියි. මේ නිසාම ඉන්ඩක්ටරයට choke (මෙම ඉංග්‍රිසි වචනයේ තේරුම වන්නේ "හිර කරනවා" යන්නයි) යනුවෙන් පවසනවා. ඉහල සංඛ්‍යාත විදුලිය "හිර කරන" (වලක්වන) නිසා චෝක් යන නම ඊට ලැබී තිබෙනවා.

එවිට, ඉන්ඩක්ටරයක් හරහා ස්ථාවර (විචලනය නොවන) ඩීසී විදුලියක් ගමන් කරන විට, එම විදුලියට අමුතුවෙන් බාධාවක් හෙවත් "ප්‍රතිරෝධයක්" එල්ල කරන්නේ නැත. එහෙත් සෑම ඉන්ඩක්ටරයක්ම සෑදී තිබෙන්නේ සන්නායකයකින් බැවින් සෑම සන්නායකයකටම ප්‍රතිරෝධී අගයක් තිබෙන බැවින්, අන්න එම සන්නායකයේ ප්‍රතිරෝධී අගය කිසිවිටක ඉවත් කළ නොහැකියි. එහෙත් මෙම ප්‍රතිරෝධී අගය මිලිඕම් ගණනක් හෝ ඕම් කිහිපයක තරම් නොසලකා හැරිය හැකි තරමේ කුඩා ප්‍රමාණයකි. ඇත්තටම මෙම සන්නායකයේ ප්‍රතිරෝධය ඉන්ඩක්ටරයේ ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එකයි. අයිඩියල් (එනම්, පරිපූර්ණ) ඉන්ඩක්ටරයක ඇත්තේ ඉන්ඩක්ටන්ස්/ප්‍රේරණතාවක් පමණයි. මෙතැන් සිට අයිඩියල් ඉන්ඩක්ටර් ගැන ඉගෙන ගමු (මීට පෙරත් අප ඉගෙන ගත්තේ අයිඩියල් උපාංග ගැන බව ඔබට දැන් මතක් විය යුතුය). එහෙත් ඉහත කියූ ලෙසටම සැබෑ ඉන්ඩක්ටරයක මීට අමරතව ස්ට්‍රේ රෙසිසිටන්ස් එකක් (හා පසුව පෙන්වා දෙන පරිදි ස්ට්‍රේ කැපැසිටන්ස් එකක්ද) පවතිනවා. එහෙත් මෙහි වැදගත්ම කරුණ නම්, ස්ථාවර විදුලියකට අයිඩියල් ඉන්ඩක්ටරයක් විසින් කිසිම "අමුතුවෙන්" ප්‍රතිරෝධයක් නොදැක්වීමයි.

## කොයිලයක Q factor

ධාරිත්‍රකයකට මෙන්ම ප්‍රේරක සඳහාද quality factor එකක් ඇත. මෙහිදීද කිව් සාධකය ලැබෙන්නේ කොයිලයේ ප්‍රතිභාදකය කොයිලයේ ප්‍රතිරෝධයෙන් බෙදීමෙනි.

$$Q\,Factor = \frac{X_L}{R}$$

$$Q = \frac{2\pi f L}{R} \qquad X_L = 2\pi f L \text{ නිසා}$$

කොයිලයේ ප්‍රතිරෝධයට මූලිකම හේතුව කොයිල් එක සෑදීමට යොදා ගන්නා සන්නායකයේ ප්‍රතිරෝධයයි. ඊට අමතරව චර්මීය ආවරණය නිසාද කොයිලයේ ප්‍රතිරෝධය වැඩි වේ. එයද කිව්

සාධකයට බලපානවා. එනම්, කොයිලය හරහා යවන සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට කොයිලයේ කිච් සාධකය අඩු වෙනවා. ඊට අමතරව කොයිලයේ ප්‍රතිරෝධය වැඩි කරන හෝ කොයිලය තුල යම් ශක්තියක් තාපය ලෙස වැය කරන ඕනෑම සාධකයක් විසින් කිච් සාධකය අඩු කරනවා. (මෙම සාධක පසුවට ඉගැන්වේ.)

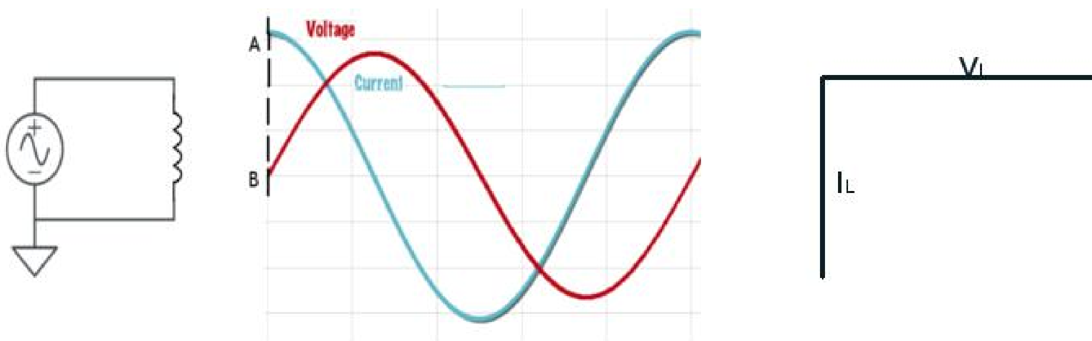
## ප්‍රේරක ප්‍රතිභාදකය

එහෙත්, ඉන්ඩක්ටරය හරහා විචලනය වන විදුලියක් යවන විට තත්වය වෙනස් වේ. එනම්, දැන් ඉන්ඩක්ටරය විසින් අමුතුවෙන් ප්‍රතිරෝධයක් දක්වනවා. විචලනය වන වේගය හෙවත් සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, එම ප්‍රතිරෝධකතාව ඉහල යනවා. ඉන්ඩක්ටරයක් විසින් ඇති කරන මෙම ප්‍රතිරෝධයට "ප්‍රේරක ප්‍රතිභාධකය" (inductive reactance) යන නමයි ව්‍යවහාර කළ යුත්තේ. මේ අනුව දැන් අපට ප්‍රතිබාදක වර්ග දෙකක් හමු වෙනවා. මේ දෙක වෙන් වෙන්ම හැඳින ගැනීමට, කැප්වල ඇතිවන ප්‍රතිබාදකය ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකය (Capacitive Reactance – $X_C$) ලෙසත්, ඉන්ඩක්ටර් නිසා ඇතිවන ප්‍රතිබාදකය ප්‍රේරක ප්‍රතිබාදකය (Inductive Reactance – $X_L$) ලෙසත් නම් කරනවා.

ප්‍රේරක ප්‍රතිබාදකය සොයන සූත්‍රය පහත දැක්වේ. මෙහි f යනු ප්‍රේරකය හරහා ගලා යන විදුලි සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය වන අතර, L යනු ප්‍රේරකයේ අගයයි. කෝණික සංඛ්‍යාතය යොදා ගන්නා විට දෙවැනි සූත්‍රය ලිවිය හැකියි.

$X_L = 2\pi f L$ හෝ $X_L = \omega L$

තවද, (අයිඩියල්) ඉන්ඩක්ටරයක ධාරාව හා විභවය අතර අංශක 90 ක කලා වෙනසක් පවතී. ධාරාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් විභවය ගමන් කරයි. (මෙයත් කැප් එකේ ක්‍රියාකාරිත්වයට ප්‍රතිවිරුද්ධයි නේද? මතකද කැප්වල ධාරාවයි අංශක 90 කින් විභවයට වඩා ඉදිරියෙන් ගමන් කළේ.) පහත දැක්වෙන්නේ ධාරා හා විභව සංඥා දෙක පවතින ආකාරයත්, එයම ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකක දක්වන ආකාරයත්ය.




## ප්‍රේරකයක ශක්තිය

මෙම කාරණය නිසා ධාරිත්‍රකවල සිදු කළ විග්‍රහයම අනුව, ඉන්ඩක්ටරයක් යම් ප්‍රතිරෝධී අගයක් දැක්වුවත්, එය තාප උත්සර්ජනයක් නොවේ. එනිසයි ප්‍රතිභාධකය යන වචනය යොදා ගත්තේ.

ඒ අනුව ඉන්ඩක්ටරයක් විදුලි තරංගයේ එක් අර්ධයක් තුළදී විදුලි ශක්තිය ගබඩා කරගෙන ඊළඟ අර්ධයේදී නැවත පිට කරයි (කැප් එකකත් මෙයම සිදු වුණා). මෙලෙස විදුලි ශක්තියක් තාවකාලිකව ගබඩා කර ගන්නේ කෙසේද ඉන්ඩක්ටරයක් තුළ? ධාරිත්‍රකයක නම් එය විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය තුළ ගබඩා කර ගත්තා. ඉන්ඩක්ටරයක් එම ශක්තිය ගබඩා කර ගන්නේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය තුළයි. චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ප්‍රසාරණය වන විට, එම ශක්තිය තව තවත් ගබඩා වේ. එය සංකෝචනය වන විට, ගබඩා කරගත් ශක්තිය විදුලිය ලෙස නැවත පිට වේ. ඉන්ඩක්ටරයක කොපමණ විදුලි ශක්තියක් ගබඩා කර ගත හැකිද යන්න පහත ආකාරයට ව්‍යුත්පන්න කළ හැකියි (අනුකලන ගණිත ක්‍රමය යොදා ගෙන ඇත). මෙහි අවසානයේ දැක්වෙන (තද අකුරින් පෙන්වන) සූත්‍රයයි ඔබ මතක තබා ගත යුත්තේ.

$$P = VI$$

$$P = \left(L\frac{dI}{dt}\right)(I)$$

$$P\,dt = LI\,dI$$

$$\int_0^1 P\,dt = \int_0^1 LI\,dt$$

$$\boldsymbol{Energy = \frac{1}{2}LI^2}$$

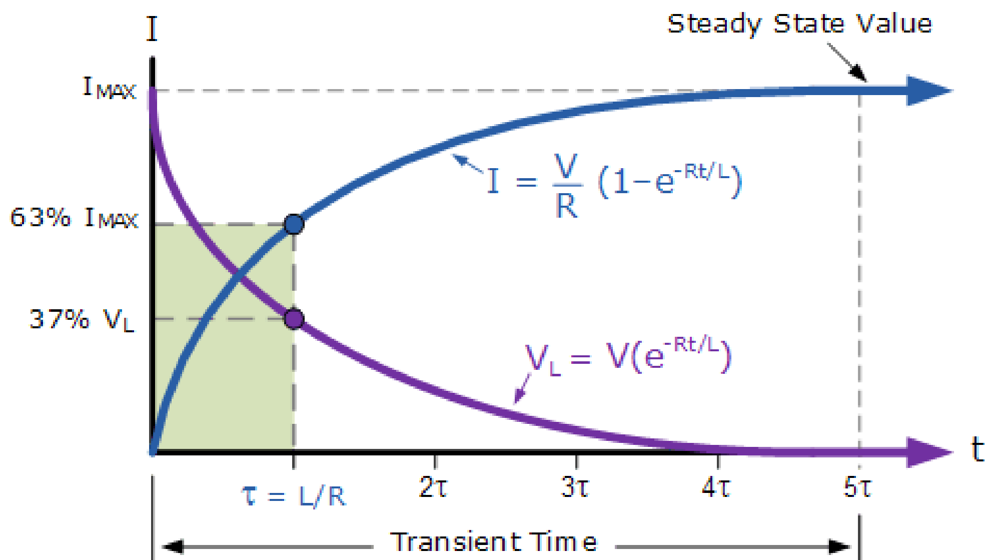
ඉන්ඩක්ටරයක් යනු සන්නායක කම්බිවලින් සෑදූ එකකි. එනිසා, ඕනෑම කම්බියකට මෙන් මෙහිදීද ඒ හරහා යා හැකි උපරිම ධාරාවක් ඇත. කැප් එකකට දැරිය හැකි උපරිම වෝල්ටියතාවක් තිබුණා සේ, ප්‍රේරකයක උපරිම ධාරාවක් ඇත (කොයිල් එක සෑදීමට යොදා ගන්නා කම්බියේ විශ්කම්භය අනුව දළ වශයෙන් එම අගය තීරණය වේ).

## ප්‍රේරක කාල නියතය

ධාරිත්‍රකයක් සඳහා කාල නියතය නම් සංකල්පය තිබුණා සේම ප්‍රේරක සඳහාද කාල නියතයක් පවතී. එහි අගය පහත සූත්‍රය අනුව සෙවිය හැකියි.

ප්‍රේරක කාල නියතය, T = L/R

ධාරිත්‍රකයක් චාජ් වීමට කාල නියත පහක් ගනියි යනුවෙන් අප සරල රීතියක් ඉගෙන ගත්තා මතකද? මෙහිදීද එම රීතිය එලෙසම වලංගු වේ. ඉහත සූත්‍රය අනුව ගණනය කරන ප්‍රේරක කාල නියත 5 කින් ප්‍රේරකයක් සම්පූර්ණයෙන්ම "චාජ්" වේ. ධාරිත්‍රකයක චාජ් වීම ලෙස සැලකුවේ ධාරිත්‍රකය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාව (සැපයුම් වෝල්ටියතාව දක්වා) ඉහල යෑමයි. එහෙත් ප්‍රේරකයකට චාජ් වීම යනු ප්‍රේරකය හරහා යන ධාරාව (භාහිරින් සපයන සැපයුම් ධාරාව දක්වා) ඉහල යෑමයි. ඔව්, ඉන්ඩක්ටරයක් හරහා ධාරාවක් අඩු වැඩි වෙන විට, ක්ෂණිකවම එම අඩු වැඩි වීම ඉන්ඩක්ටරය තුළ සිදු නොවේ. කාල නියත කිහිපයකට පසුව තමයි සැපයුම් ධාරාවට සමාන වන්නේ. ධාරිත්‍රකවලදී පරිපථය සැලසුම් කරන මොහොතෙදි ඒ ඒ අවස්ථාව අනුව ගත යුතු කාල නියත ගණන අපට තීරණය කළා සේම, ප්‍රේරකවලදීද ඒ ඒ අවස්ථාව අනුව ගත යුතු කාල නියත ගණන අපට තීරණය කිරීමට සිදු වෙනවා. ඩිස්චාජ් වීම ගැනද අමුතුවෙන් කිව යුතු දෙයක් නැත (ධාරිත්‍රකවල කියූ විස්තරයමයි).

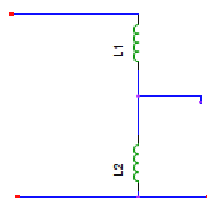



සැම කාල නියතයකට පසුව ඉන්ඩක්ටර් ධාරාව සැපයුම් ධාරාවේ හා දැනට තමන් තුළින් ගලා යන ඉන්ඩක්ටර් ධාරාවෙහි වෙනසින් 63%ක් දක්වා ඉහල යයි (චාජ් වේ). කැප් ගැන කියූ විස්තර මතක නම්, අමුතුවෙන් අවබෝධ කර ගැනීමට දෙයක් මෙහි නැති බව ඔබට පෙනෙනු ඇත. ඉහත රූපයේ පැහැදිලිවම පෙනෙනවා ඉන්ඩක්ටරයක් තුළින් විදුලිය ගමන් කරන විට, එහි ධාරාව හා විභවය අතර ඇතිවන විචලනය. ධාරාව උපරිම අගය ගන්නා විට, විභවය අවම අගය ගන්නවා (මෙය තමයි අංශක 90 කලා වෙනස කියා සලකන්නේ). ආරම්භක අවස්ථාවේ, එනම් විදුලියට කනෙක්ට් කළ මොහොතේ ධාරාව ශුන්‍ය (අවමය) වන අතර, විභවය උපරිම අගය ගනී. කාලයත් සමඟ ධාරාව ඝාතීය ලෙස ඉහල යන අතර, විභවය ඝාතීය ලෙස පහල යයි. ඉන්ඩක්ටරය හරහා ගලන ධාරාවේ උපරිම අගය යනු පරිපථය හරහා ගලා යන සාමාන්‍ය ධාරා ප්‍රමාණයයි.

ධාරිත්‍රකයක ක්‍රියාකාරිත්වය බද්ධ වී තිබුණේ විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් සමගය. එනිසා විභවය එතැන ප්‍රමුඛස්ථානය ගත්තා (මොකද විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් විචලනය වන්නේ විභවය විචලනය වන විටයි). ප්‍රේරකයක ක්‍රියාකාරිත්වය බද්ධ වන්නේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් සමගයි. එනිසා ධාරාව ප්‍රමුඛස්ථානය ගන්නවා (මොකද චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් විචලනය වන්නේ ධාරාව විචලනය වන විටයි).

## ධාරිත්‍රක සේම ප්‍රේරකද සංඛ්‍යාතය මත විචලනය වන ප්‍රතිරෝධකයක් සේ සැලකිය හැකියි.

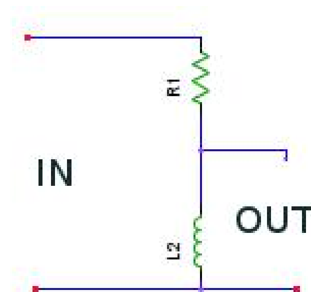
ධාරිත්‍රක පාඩමේදී සලකා බැලූ සේම ප්‍රේරකද භාවිතා කළ හැකි ආකාර සොයා බලමු. ධාරිත්‍රක පාඩම්වලදී සවිස්තරාත්මකව පැහැදිලි කිරීම් තිබුණු බැවින් සංක්ෂිප්තව කරුණු මෙහි දැක්වේ. ප්‍රේරක දෙකක් භාවිතා කරමින් පහත ආකාරයේ විභව බෙදුමක් සෑදිය හැකියි.



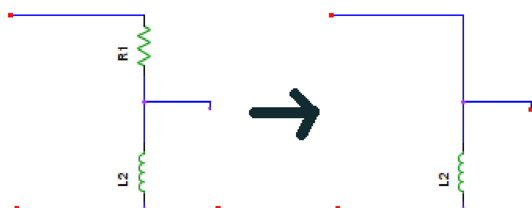
උපාංග දෙකම ඉන්ඩක්ටර් බැවින් සංඛ්‍යාතය වෙනස් වුවද විභවය බෙදෙන අනුපාතය වෙනස් නොවේ. එහෙත් ප්‍රේරණතාව වැඩි වන විට ප්‍රතිබාදකයද වැඩි වන බැවින් ධාරාව අඩු වේ. තවද, විචලනය නොවන විදුලියක් මෙන්ම විචලනය වන විදුලියක්ද මෙම පරිපථය හරහා ගලා යා හැකියි. මේ දෙවර්ගයේම විදුලියට එකම විභව බෙදුම් අනුපාතයක් දක්වනවා.

## LR circuit

දැන් ඉන්ඩක්ටරයක් හා ප්‍රතිරෝධකයක් එකතුව සාදන පරිපථ ගැන බලමු. මෙවැනි පරිපථ කොටස් LR circuit හෝ RL circuit ලෙස හැඳින්වෙනවා. මෙම උපාංග දෙක ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව සම්බන්ධ විය හැකියි. පළමුව ශ්‍රේණිගත RL සර්කිට් ගැන බලමු.

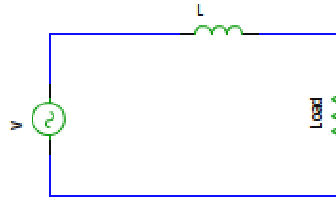



දැන් සිතන්න ඉහත පරිපථයේ IN කොටසට විචලනය නොවන ඩීසී විදුලියක් ලබා දෙනවා කියා. එවිට, ප්‍රේරකයේ ප්‍රතිබාදක අගය 0 වේ (තවද, කොයිල් එක සාදන්නට ගත් කම්බිවල ප්‍රතිරෝධය සාමාන්‍ය පරිපථවලදී ගණන් ගන්නේ නැති බව මුලදිම පැවසුවා). ඒ කියන්නේ එවැනි ස්ථාවර ඩීසී විදුලියක් සඳහා ඉහත පරිපථයේ ඉන්ඩක්ටරයක් එතැන නැතැයි සිතා කටයුතු කළ හැකියි.

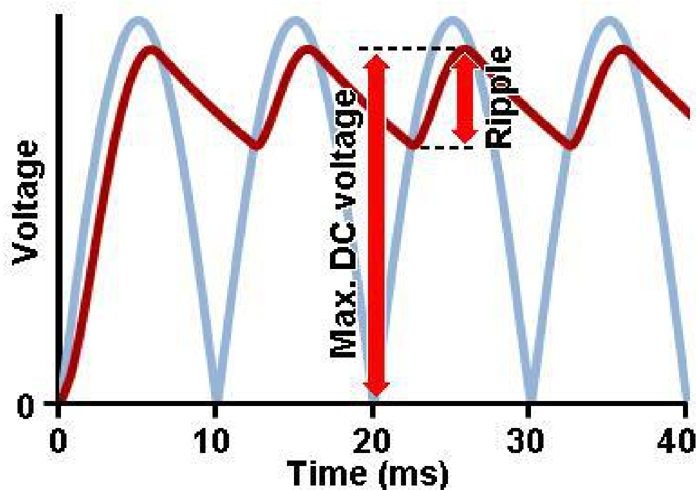



මෙන්න මෙම ලක්ෂණය යොදා ගන්නවා පල්සේටිං ඩීසී විදුලියක් සුමට කිරීමට. පහත රූපයේ ආකාරයට චෝක් එකක් (ලෝඩ් එක සමගින්) ශ්‍රේණිගතව යෙදුවා යැයි සිතන්න. එනිසා, චෝක් එක හා ලෝඩ් එක දැන් විභව බෙදුමක් ආකාරයටයි පවතින්නේ. පල්සේටිං ඩීසී විදුලියේ ස්ථායි ඩීසී සංරචකය සඳහා චෝක් එකෙන් ප්‍රතිරෝධයක්/ප්‍රතිබාදකයක් දක්වන්නේ නැහැ (සැබෑ ජීවිතයේදී ඇත්තටම චෝක් එකේ වයර් විසින් ඇති කරන ඉතා කුඩා මිලිඕම් හෝ ඕම් ගණනක ප්‍රතිරෝධය නම් තියෙනවා). එවිට, එම ස්ථායි ඩීසී විදුලිය සම්පූර්ණයෙන්ම වාගේ පිහිටන්නේ ලෝඩ් එක හරහාය (සැබෑ ජීවිතයේදී චෝක් එකේ තිබෙන ඉතා කුඩා ප්‍රතිරෝධය නිසා ඇත්ත වශයෙන්ම ගණන් ගත නොහැකි තරම් කුඩා වෝල්ටියතාවක් චෝක් එක දෙපසත් ඩ්‍රොප් වෙනවා). දැන් පල්සේටිං ඩීසී විදුලියේ ඒසී සංරචකය

බලමු. මෙය හර්ට්ස් 50 (හෝ 60) විදුලියකි. මෙවිට චෝක් එක ඊට යම් ප්‍රතිබාදකයක් ඇති කරනවා (හෙන්රි එකක චෝක් එකක් සඳහා එම ප්‍රතිබාදක අගය ඕම් 629 කි; පල්සේටිං සංඛ්‍යාතය 100 ලෙස ගෙන ඇත). දැන් පවර් සප්ලයි එකෙන් පිට වන විදුලියේ ඒසී සංරචකයයේ විභවය බෙදේ. ඒ කියන්නේ විචලනය වන වෝල්ටියතාවෙන් ලෝඩ් එකට යන ප්‍රමාණය අඩු වේ. ඒ කියන්නේ ඒසී කොටසේ විචලනය හායනය වෙනවා. මෙය තමයි ෆිල්ටර්වීම කියන්නෙ.



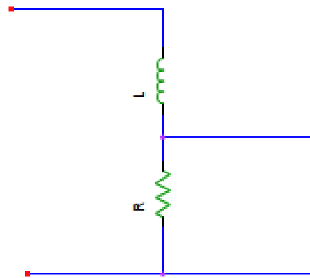

මීට අමතරව තවත් පැත්තක් එහි ඇත. විදුලිය සැපයූ ක්ෂණයෙහිම විචලනය වන විදුලි තරංගයේ ඉහලට යන කොටසේදී චෝක් එක "චාජ්" වේ (චුම්භක ක්ෂේත්‍රය විශාල වේ). විදුලි තරංගය උච්ච අගයට පැමිණි විට චෝක් එකද සම්පූර්ණයෙන්ම චාජ් වේ. මේ හේතුව නිසා ලෝඩ් එකට යන විදුලි ධාරාවේ යම් අඩුවක් ඇති වේ මොකද කොටසක් චෝක් එකේ ගබඩා කර ගන්නා නිසා චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් ලෙස. (ඔබ සමහරවිට නොදන්නවා විය හැකියි චුම්භක ස්‍රාවය හා ධාරාව යනු "අයිය මල්ලෝ"ය. එකක් අනෙක බවට පහසුවෙන්ම පරිවර්ථනය වේ. මේ හේතුව නිසාම ඇත්ත වශයෙන්ම ධාරාව මෙන්ම චුම්භක ධ්‍රැවයේ අගය (එනම් චුම්භකත්වය) මනින්නේද ඇම්පියර්වලිනි. මේ ගැන පසුවට තවදුරටත් විස්තර කෙරේ.) දැන් විදුලි තරංගය බැසගෙන යන විට, චෝක් එකේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හැකිලෙමින් එහි තිබූ ශක්තිය නැවත විදුලි ශක්තිය ලෙස ලෝඩ් එකට ලබා දේ. එවිට ස්මූතිං කැප් එක "වල පිරෙව්වා" සේම චෝක් එකද "වල පුරවයි". මෙයම තමයි තවත් විදියකට ඉහත ෆිල්ටර් වීම ලෙස දැක්කේ. මේ තවත් දකින/විග්‍රහ කරන විදියක් පමණයි.



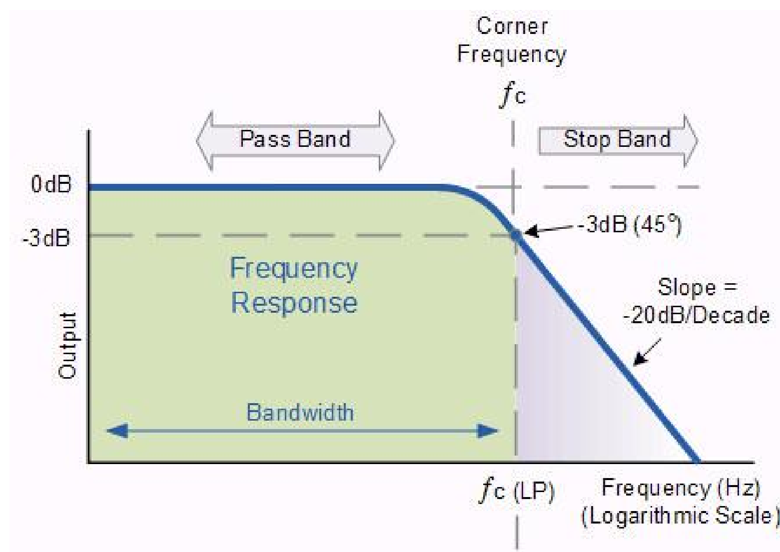

**සටහන**
කැප් එකක් යෙදීමෙන් හෝ චෝක් එකක් යෙදීමෙන් හෝ 100%ක්ම විචලනය නතර කිරීමට නොහැකි අතර අපට කරදරයක් නොවන මට්ටමක් දක්වා එම විචලනය අවම කිරීමයි කළ හැක්කේ. එහෙත් තවත් උපක්‍රම යෙදීමෙන් මෙම විචලනය ඉතාම කුඩා කළ හැකි හෝ සම්පූර්ණයෙන්ම ඉවත් කිරීමටද

හැකියි. ඒ ක්‍රම ගැන පසුවට බලමු.

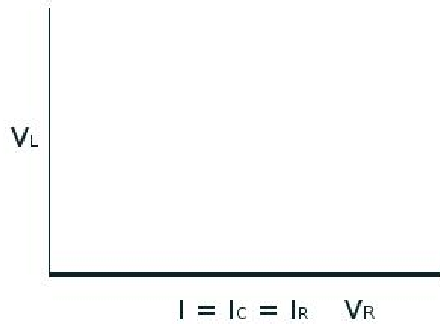
හරි, ස්ථායි ඩීසී විදුලියක් වෙනුවට දැන් විචලනය වන විදුලියක් ශ්‍රේණිගත LR පරිපථයට ලබා දෙනවා යැයි සිතමු. එවිට, යොදන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය අනුව යම් ප්‍රතිබාදක අගයක් ප්‍රේරකය විසින් දක්වනු ඇත. ඒ කියන්නේ දැන් තිබෙන්නේ සංඛ්‍යාතය මත වෙනස් වන විභව බෙදුම් අනුපාතයක්. මෙය විභව බෙදුම් පරිපථයක් ලෙස සැකසිය හැකි අවුට්පුට් එක එම උපාංග දෙක මැදින් ගැනීමෙන්.




ඉහත රූපයේ දැක්වෙන විභව බෙදුමේ L = 20mH හා R = 1000 ohm විට, ඒ හරහා හර්ට්ස් 20 ක විදුලි සංඥාවක් ගමන් කරනවා යැයි සිතන්න. දැන් එම ප්‍රේරකයේ ප්‍රතිබාදක අගය 2πfL අනුව, ඕම් 2.5 කි. ඒ කියන්නේ විභවය බෙදෙන්නේ 2.5:1000 හෙවත් 1:400 අනුපාතයටයි. දැන් හර්ට්ස් 20000 ක විදුලි සංඥාවක් ගමන් කරනවා යැයි සිතන්න. එවිට ප්‍රතිබාදක අගය ඕම් 2500 කි. එවිට විභවය බෙදෙන්නේ 2500:1000 හෙවත් 5:2 අනුපාතයෙනි. මෙය ෆිල්ටරයක් නේද? ඔව්, මෙය ලෝපාස් ෆිල්ටරයකි (LPF). සුපුරුදු ලෙසම කට්-ඕෆ් සංඛ්‍යාතයේදී -3dB ක හායනයක් සිදු වන ලෙස ෆිල්ටරය සෑදිය යුතුය. මෙහි බෝඩ් ප්ලොට් එකත් CR filter එකක LPF එකට සමානය. රෝල්-ඕෆ් (බෑවුම) -6db/octave වේ (විභවය සලකා). ඒ කියන්නේ CR filter එකක තිබෙන බෑවුමයි LR filter එකකත් තිබෙන්නේ.




ඉහත LR පරිපථයේ විභවය හා ධාරාව හැසිරෙන විදිය ගැන තවදුරටත් අධ්‍යානය කරමු. පළමුව එහි ෆේසර් ඩයග්‍රැම් එක බලමු.




ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධතාවක් නිසා, ගලා යන ධාරාව එකමය. ප්‍රතිරෝධකය හරහා ගලා යන ධාරාව හා විභවය සමකලාවේ පවතී. එලෙසම ප්‍රේරකයේ විභවය එම ධාරාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් යයි. මෙම පරිපථයේ සම්භාධක අගය සොයන සූත්‍රය සුපුරුදු පරිදි වේ (පහත දැක්වේ).

$Z^2 = X_L^2 + R^2$

ඒ අනුව ගලා යන ධාරාව, සැපයුම් විදුලියේ විභවය සම්භාදකයෙන් බෙදීමෙන් ලැබේ. කාල නියත පහකදී ප්‍රේරකය පැමිණෙන්නේ මෙන්න මෙම ධාරාවේ අගයට තමයි. තවද, එක් එක් උපාංගය දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවය වන්නේ එම ධාරාවෙන් අදාල උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධි/ප්‍රතිබාදක අගය වැඩි කිරීමෙන් ලැබෙන අගයන්ය; එනම්, $V_R = R \times I$ හා $V_L = X_L \times I$ වේ. අවසාන වශයෙන්, මුලු පරිපථයේ ගමන් කළ ධාරාවේ කලා වෙනස සෙවීමට $\tan^{-1}(X_L/R)$ හෝ $\tan^{-1}(V_L/V_R)$ යන සූත්‍රය යෙදිය හැකියි.

ඉහත රූපයේ ඉන්ඩක්ටරය හා රෙසිස්ටරය උඩ යට මාරු කළ විට, මෙය හයිපාස් ෆිල්ටරයක් (HPF) බවට පත් වේ. සියලු විස්තර දැන් ඔබට පහසුවෙන්ම සිතා ගත හැකියි.

දැන් බලමු සමාන්තරගත LR පරිපථ ගැන. සුපුරුදු ලෙසම උපාංග දෙකෙහිම දෙපස ඩ්‍රොප් වන්නේ එකම පොදු වෝල්ටියතාවකි. එහෙත් ධාරාවන් වෙනස් වේ. යොදන විදුලියේ සංඛ්‍යාතය අනුව ප්‍රේරකය විසින් යම් ප්‍රතිබාදක අගයක් ඇති කර ගන්නා අතර, පොදු විභවය එම ප්‍රතිබාදකයෙන් බෙදීමෙන් ප්‍රේරකය හරහා යන ධාරාවද, පොදු විභවය ප්‍රතිරෝදකයෙන් බෙදීමෙන් ප්‍රතිරෝධකය හරහා යන ධාරාවද වෙන වෙනම ගණනය කළ හැකියි. එහෙත් කලා වෙනස නිසා, ඒ දෙක නිකංම එකතු කර මුලු ධාරාව සෙවිය නොහැකියි. ඒ සඳහා මෙම ධාරාවන් දෙකෙහි දෛශික ආකලනය ගත යුතුයි. එනම්,

$(\text{මුලු ධාරාව})^2 = (\text{ධාරිත්‍රක ධාරාව})^2 + (\text{ප්‍රතිරෝධක ධාරාව})^2$

තවද, මෙහි සම්භාදක අගය සුපුරුදු ලෙසම $(1/Z)^2 = (1/X_L)^2 + (1/R)^2$ යන සූත්‍රයෙන් සෙවිය හැකියි. මෙම සම්බාදක අගය දන්නේ නම්, භාහිර පොදු විභවය එම සම්බාදක අගයෙන් බෙදූ විටද ලැබෙන්නේ මුලු ධාරාව වේ.

**සටහන**

ප්‍රතිරෝධකතාව (Resistance) යන්නෙහි පරස්පරය හෙවත් (1/ප්‍රතිරෝධකතාව) “සන්නායකතාව" (conductance) යන නමින් හැඳින්වෙනවා. එය G යන ඉංග්‍රිසි අකුරින් සංකේතවත් කෙරෙන අතර, මනින ඒකකය සීමන්ස් (Siemens) හෝ මෝ (mho) වේ. මෝ යන්න සාදා තිබෙන්නේ ohm යන්නෙහි අකුරු ආපස්සට ලිවීමෙනි.

සීමන්ස් 1 = මෝ 1 = 1/(ඕම් 1)

සමහර වෙලාවට R සමග ගණනය කරනවාට වඩා G සමග ගණනය කිරීම පහසුය. එවැනි අවස්ථාවලදී G සමග අතරමැදි ගණනය කිරීම් සියල්ල සිදු කර, අවසානයේ එහි පරස්පරය ගැනීමෙන් අපට අවශ්‍ය ඕම් අගය (ප්‍රතිරෝධ අගය) ලැබේ. උදාහරණයක් ලෙස, සමාන්තරගත ප්‍රතිරෝධකවල සමක අගය සෙවීම පහසුවෙන්ම සන්නායකතාව මඟින් කළ හැකියි.

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\ldots \rightarrow G_T=G_1+G_2+\ldots$$

$$R_T=\frac{1}{G_T}$$

මෙලෙසම ප්‍රතිබාධකයන්ගේද පරස්පරයන් පවතී. එය susceptance යන වචනයෙන් හැඳින්වෙන අතර, B යන සංකේත අකුරින් දැක්වෙනවා. මේ අනුව සසෙප්ටන්ස් වර්ග දෙකක් තිබෙනවා.

$$inductive\,susceptance\,,B_L=\frac{1}{X_L}$$

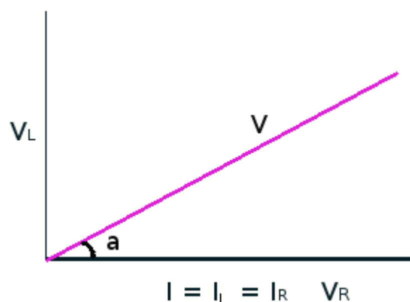
$$capacitive\,susceptance\,,B_C=\frac{1}{X_C}$$

සසෙප්ටන්ස් අගයන්ද මනින්නේ මෝ/සීමන්ස්වලින්ය (ප්‍රතිබාදක ඕම්වලින් මනින නිසා). මෙලසම සම්බාදකයේ පරස්පරය admittance (Y) යනුවෙන් දැක්වෙනවා. එහි අගයද මෝ/සීමන්ස්වලින් මැනිය යුතුය. මුලින් ප්‍රතිරෝධක අවස්ථාවේදී පෙන්වා දුන් පරිදි මෙම පරස්පර රාශින් මඟින් සමහර සූත්‍ර සරලව ලිවිය හැකියි.

අවශ්‍යම නම් LR පරිපථවලින් ෆිල්ටර් සර්කිට් සෑදිය හැකියි. මේවාද පැසිව් ෆිල්ටර් වේ. එක් ප්‍රේරකයක් පමණක් සහිත විට, එය ෆස්ට් ඕර්ඩර් ෆිල්ටරයකි. ඉතිං මෙවැනි ෆිල්ටර් කොටස් කිහිපයක් එකට සම්බන්ධ කිරීමෙන් (සර්කිට් ලෝඩිං සිදු නොවන අයුරින්) සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් හා ඊට වැඩි ඕර්ඩර්වල ෆිල්ටර් සෑදිය හැකියි. ධාරිත්‍රකයකට වඩා ඉන්ඩක්ටර් ගොඩක් විශාල නිසාත්, ධාරිත්‍රකයකට වඩා ඉන්ඩක්ටරයක් සෑදීමට යන වියදම බොහෝවිට වැඩි නිසාත්, ප්‍රේරකයේ පවතින ඉන්ඩක්ටිව් කප්ලිං නිසාත්, RL filter වලට වඩා RC filter තමයි වැඩිපුර භාවිතා වන්නේ.

## Power Factor (PF)

ශ්‍රේණිගතව හා සමාන්තරගතව ඇති RL පරිපථ (හා RC පරිපථ) ගැන කතා කරන විට පවර් ෆැක්ටර් නම් වැදගත් කාරණාවක් හමු වෙනවා. මෙය පරිපථවලදී එතරම් වැදගත් නොවූවත් විදුලි ක්ෂේත්‍රයේ ඉතාම වටිනා නොසලකා හැරිය නොහැකි දෙයකි. දැන් ඒ ගැන බලමු. පළමුව ශ්‍රේණිගත RL පරිපථයක ෆේසර් ඩයග්‍රැම් එක බලමු.



ඉහත රූපයේදී ඔබට පෙනෙනවා අවසාන මුලු ධාරාවට (I) හා රෙසිස්ටරයේ වෝල්ටියතාවට ($V_R$) වඩා අංශක 90 ක කලා කෝණයක් ඉදිරියෙන් කොයිලයේ වෝල්ටියතාව ($V_L$) පිහිටන බව. මෙම රූපයෙන් ප්‍රතිරෝධක හා ප්‍රේරක වෝල්ටියතාවන් දෙක පමණක් සලකා දෛශික (පෛතගරස්) ආකලනය මඟින් එම විභවයන් දෙකෙහි අවසන් (සම්ප්‍රයුක්ත) විභවය (දම්පාටින්) ඇඳ ඇත. එම සම්ප්‍රයුක්ත විභවය සැපයුම් විභවයට අනිවාර්යයෙන්ම සමානද වේ. දැන් එම සම්ප්‍රයුක්ත විභවයත් පිහිටන්නේ මුලු ධාරාවට වඩා යම් කලා කෝණයක් (a) ඉදිරියෙනි.

දැන් මෙම පරිපථ කොටසෙහි උත්සර්ජනය වන ජවය කොපමණද? ඔබ දන්නවා යම් පරිපථයක (උත්සර්ජනය වන හෝ නිෂ්පාදනය වන) ජවය මනින සූත්‍රය වන්නේ, *ජවය = වෝල්ටියතාව x ධාරාව* කියා. එවිට, බැලූ බැල්මට ඉහත පරිපථ කොටසේ ජවය ලෙස V x I දැක්විය හැකියි. බැලූ බැල්මට පෙනෙන විදියටයි එම සූත්‍රය අප යෙදුවේ. එනිසා මෙම ජවයට apparent power ("බැලූබැල්මට පෙනෙන ජවය") යන නම ව්‍යවහාර වෙනවා. එය සූත්‍රයක් ලෙස පහත ආකාරයට ලියනවා.

Apparent Power (VA) = V x I

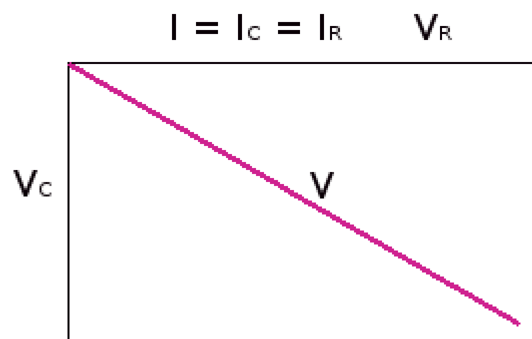
ජවයේ සාමාන්‍ය ඒකකය වොට් (W) වේ. එහෙත් ඇපරන්ට් පවර් හි ඒකක දක්වන්නේ "වෝල්ට්-ඇම්පියර්" (VA) ලෙසයි (වෝල්ටියතාව හා ධාරාව මනින ඒකක දෙක කෙලින්ම එකට ලිවීමෙන් මෙම ඒකකය ලැබෙන බව පෙනෙනවා). මෙවැනි වෙනස්කමක් ඇපරන්ට් ජවයට කරන්නේ ඇයි? මොකද, එය මෙම පරිපථයේ නියම ඇත්තටම උත්සර්ජනය වන ජවය නොවන නිසා. මතකද පෙර අප ඉගෙන ගත්තා ධාරිත්‍රකයක් හා ඉන්ඩක්ටරයක් කිසිදු ජවයක් උත්සර්ජනය නොකරන බව? ඇපරන්ට් ජවය ගණනය කරන විට, එම සත්‍යය අමතක කරයි සූත්‍රය සකසා ඇත්තේ. සත්‍ය වශයෙන්ම එවැනි RL (හා RC) පරිපථයක ඇති ප්‍රතිරෝධකය පමණයි ජවය උත්සර්ජනය කරන්නේ. ඒ අනුව එවැනි පරිපථයක සත්‍ය වශයෙන්ම ප්‍රතිරෝධකය විසින් පමණක් උත්සර්ජනය කරන ජවය තමයි නියම ජවය. මෙම ජවයට true power (W) (සත්‍ය ජවය) යන නම යෙදෙනවා. එය සුපුරුදු ලෙසම ධාරාව පරිපථයේ රෙසිස්ටරයේ වෝල්ටියතා අගයෙන් වැඩි කිරීමෙන් ලැබේ. මෙම ජවය සුපුරුදු ලෙසම වොට්වලින් මැනේ.

ඉතිං ඉහත කරුණ ඉතාම සරල මෙන්ම ඉතාම පැහැදිලියි. ඇයි අමුතුවෙන් මේ ගැන සොයා බැලිය යුත්තේ? ඇත්තටම ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි නම් එය පහසුවෙන්ම පරිපථයේ පෙනෙන්නට තිබෙන මෙන්ම පහසුවෙන්ම ගණනය කිරීමටද හැකි වුවත් ප්‍රායෝගික ලෝකයේදී එම තත්වයන් එතරම් පැහැදිලි නොවේ. ඊට හේතුවක් තිබෙනවා.

පරිපථයක නම්, අප යොදන උපාංග මෙන්ම ඒවායේ නිශ්චිත අගයන් අප දන්නවා. එහෙත් මා පෙරත් සඳහන් කළ පරිදි මෙම තත්වය ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථවලට වඩා ප්‍රශ්නයක් වී ඇත්තේ ඉලෙක්ට්‍රිකල් කෂේත්‍රයේය. කර්මාන්තශාලා (හා ගෙවල්වල පවා) භාවිතා කෙරෙන බොහෝ උපකරණවල විවිධ මාදිලියේ මොටර් ඇත. උදාහරණයක් ලෙස, ෆ්‍රිජ්, ඒසී, ෆෑන්, වොෂින් මැෂින්, බ්ලෙන්ඩර්/ග්‍රයින්ඩර්, වතුර මෝටර්, කර්මාන්තශාලාවල තිබෙන සෑම උපකරණයකම ඇතුලත ඇති විවිධාකාරයේ මෝටර් ගැන සිතන්න. මෝටර් සාදා තිබෙන්නේ කොයිල්වලින් වන අතර, ඒ හරහා විදුලිය යන විටත් ඔබ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්හි ඉගෙන ගන්නා ඉන්ඩක්ටර්වලට ඉහත සිදුවූ දේම සිදු වේ (එනම් ධාරාව හා වෝල්ටියතාව අතර කලා වෙනසක් ඇති කරනවා). ඒ කියන්නේ මෝටර් (හා කොයිල් යොදා ගන්නා ඕනෑම උපකරණයක්) මඟින්ද ප්‍රේරණතාව ඇති කරනවා. එහෙත් මේ කිසිදු උපකරණයක ප්‍රේරණතාවන් නිශ්චිතවම ඔබ දන්නේ නැහැ නේද? (එහෙත් ඉලෙක්ට්‍රොනික් සර්කිට්වල යොදන කොයිල්වල ප්‍රේරණතාවන් සියල්ලම ඔබ දන්නවා.) ජේනව නේද වෙනස? ඉතිං මෙවැනි සංකීර්ණ

අවස්ථාවක (ප්‍රේරණතාවන් නොදන්නා) අපට බැහැ එම උපාංග කොලයක ඇඳ ඒවායේ සත්‍ය ජවයන් ඉහත කළ ආකාරයට ගණනය කිරීමෙන් දැන ගන්නට. එය දැනගත හැක්කේ සුදුසු වොට් මීටරයක් (true wattmeter) සවි කර කෙලින්ම මැන ගැනීමෙන්ය. එහෙත්, අපට පුලුවන් පහසුවෙන්ම ඇපරන්ට් ජවය ගණනය කරන්න මොකද එය නිකංම වෝල්ටියතාව හා මුලු ධාරාව ගුණ කිරීමෙන් ලැබෙනවා. ඉතිං ජවයන් දෙකක් අප අතරේ භාවිතයේ තිබෙන්නේ එනිසයි.

ඉහත පෙන්වා දුන්නේ RL පරිපථයක තත්වයයි. RC පරිපථයකද එවැනි තත්වයක් ඇති වේ පහත රූපයේ පෙනෙන ආකාරයට එය ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකකින් දැක්විය හැකියි.




RL සඳහා වූ ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එක නැවත බලන්න. මෙහි මුලු ධාරාව හා මුලු (සම්ප්‍රයුක්ත) වෝල්ටියතාව අතර කලා වෙනසක් පවතිනවා. එනිසා ඇපරන්ට් හා ට්‍රෲ පවර් යන දෙකම වෙන වෙනම ගණනය කළ හැකියි. RC පරිපථයක් සඳහාද මෙලෙසම ජවයන් දෙකක් ගණනය කළ හැකි බව සිහි තබා ගන්න. එවිට, RL පරිපථයේදී සම්භාදකය (Z) සෙව්වේ R හා $X_L$ යන දෙකෙන් වුවත්, RC පරිපථයේදී එය R හා $X_C$ යන දෙකෙන් සොයන බව මතක තබා ගන්න.

ඇපරන්ට් ජවය = (ධාරාව)$^2$ x (සම්භාදකය) → $VA = I^2Z$

ට්‍රෲ ජවය = (ධාරාව)$^2$ x (ප්‍රතිරෝධක අගය) → $W = I^2R$

RC හා RL පරිපථ දෙකෙහිම දෙවර්ගයේම ජවයන් පැවතියත්, මෙම අවස්ථා දෙකෙහි විශාල වෙනසක් තිබෙනවා. ඔබ RL හා RC දෙකෙහි ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් දෙක නැවත හොඳින් බැලුවොත් වෙනස පෙනේවි. RL හි කලා කෝණය ධන වන අතර, RC හි කලා කෝණය ඍණ වේ. මෙය ඉතාම වැදගත් මෙන්ම ප්‍රයෝජනයක් ගත හැකි තත්වයකි. ඔබ දන්නවා එකිනෙකට විරුද්ධව ඇතිවිට එකක් අනෙකින් උදාසීන කළ හැකි බව. ඒ කියන්නේ RC පරිපථයකින් ඇතිවන කලා වෙනස, ඊට ගැලපෙන (එනම් එම කලා වෙනස ශාණට කපා හැරිය හැකි පරිදි අගයන් යෙදූ) RL පරිපථයකින් අහෝසි කළ හැකියි. එහෙත් දැන් අලුතින් ඇතිවන ප්‍රශ්නය වන්නේ එලෙස කලා වෙනසක් ඇති වූවාට තිබෙන ගැටලුව කුමක්ද යන්නයි.

විශාල ගැටලුවක් තිබේ. එය මෙලෙස තර්ක කරන්න. හැමවිටම ඇපරන්ට් ජවය සත්‍ය ජවයට වඩා විශාලය. උදාහරණයක් ලෙස මෝටරයක් ගමු. මෝටරයට වැය වන ඇපරන්ට් ජවය 1200VA නම්, එහි සත්‍ය ජවය 1000W ක් විය හැකියි. මේ ජවයන් දෙකෙන් සත්‍ය ලෙසම මෝටරය උත්සර්ජනය කරන්නේ 1000 වේ. එවිට, වෙනස වන (1200-1000=) 200 ට කුමක් සිදු වේද? එය උත්සර්ජනය නොවේ නම්, නැවත පරිපථයට ලැබෙන නිසා එය ගැටලුවක් නොවේ යැයි ඔබට එකවරම සිතෙනු

ඇත. එහෙත් එම වෙනස පරිපථයට නැවත ලැබුණත් පරිපථය එය භාර ගැනීමට සූදානම් නැත. එහෙත් එය භාර ගැනීමට හැකිවනු පිණිසද පරිපථය වෙනස් කළ හැකියි (ඇත්තටම එය කරන හැටි තමයි අප ඉගෙන ගත යුත්තේ).

මෙහෙම සිතන්න. ඔබේ නිවසට විදුලිය ලැබෙන්නේ විදුලි බල මණ්ඩලයෙන්. ඔබ ඔවුන්ගෙන් විදුලිය ගැනීම පමණයි කළ හැක්කේ. ඒ සඳහා ඔබ ඔවුන්ට විදුලි බිල්පත් මඟින් මුදල්ද ගෙවනවා. එහෙත් ඔබ විසින් එක තත්පරයකටවත් විදුලි බල මණ්ඩලයට විදුලිය සැපයිය හැකිද? (එවිට ඔවුන්ට ඔබෙන් ලැබෙන විදුලිබලයට මුදල් ගෙවීමටත් සිදු වෙනවා.) නොහැකියි නේද? ඊට හේතුව ඔවුන්ගේ විදුලි බෙදා හැරීමේ පරිපථ සාදා තිබෙන්නේ විදුලිය ලබා දීමට පමණයි.

දැන් ඉහත කාරණය ගැන සිතන්න. පරිපථයෙන් පිට කරන වොට් 200 ලබා ගන්නට විදුලි බල මණ්ඩලයේ පරිපථ සූදානම් නැහැ. සාමාන්‍යයෙන් ඔබේ පරිපථත් ඊට සූදානම් නැහැ. ඉතිං එම අමතර විදුලිය අපතේ යනවා. කොච්චර නාස්තියක්ද එය? කර්මාන්තශාලාවලට මෙය රුපියල් මිලියන ගණනක නාස්තියක් විය හැකියි. එය නිකංම නාස්ති වෙනවා නොවේ; එය නාස්ති වෙන්නේ පරිපථය හා උපකරණ ඔස්සේම එම ධාරාව නිකරුණේ ගමන් කරවමින්. මෙවිට අමතර තාපයක් උපදිනවා. ඒවා උපකරණවලට හානිකර වෙන්නත් පුලුවන්. එම හානිය (තාපය) අඩු කිරීමට නැවතත් අමතර වියදමක් යොදා සිසිල් කිරීමටද සිදු වේ.

විදුලි ශක්තිය පැත්තෙන් බැලුවහම එය විශාල නාස්තියක්; විශාල පරිසර දූෂණයක්. සෑම නාස්තියකින්ම හා පරිසර දූෂණයකින්ම විශාල (විශේෂයෙන්ම ආර්ථික) පාඩු සිදු වේ. මෙම පාඩුව එක්කෝ විදුලි බල මණ්ඩලය දැරිය යුතුය; නැතහොත් කර්මාන්තශාලාව/නිවස විසින් දැරිය යුතුය.  එනිසා කර්මාන්තශාලා එම නාස්තිය වැලැක්වීමට කටයුතු කළ යුතුයි.

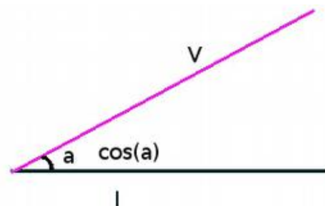
මෙම නාස්තිය වැලැක් විය හැක්කේ ඉහතදී පෙන්වා දුන් පරිදි කොයිල්වලින් ඇතිවන කලා වෙනසයි ධාරිත්‍රකවලින් ඇතිවන කලා වෙනසයි එකිනෙකට විරුද්ධ නිසා. සාමාන්‍යයෙන් උපකරණවල ධාරිත්‍රක බහුලව යොදාගෙන ක්‍රියාත්මක වන උපකරණ නැත. එනිසා ධාරිත්‍රකවලින් ගැටලුවක් (ජව හානියක්) ගැන (හෝ ඇපරන්ට් පවර් එකක් ගැන) අප සාමාන්‍යයෙන් කතා කරන්නේ නැත. කොයිල්වලින් ඇතිවන ගැටලුවක් තමයි තිබෙන්නේ. ඒ කියන්නේ දැන් පුලුවන් එම කොයිල්වලින් ඇතිවන ජව හානිය සුදුසු කැප් යොදමින් නිවැරදි කරන්න.

එලෙස කිව්වත් සැබෑ ලෙස සිදුවන්නේ මෙයයි. කොයිල් විසින් තාවකාලිකව ගබඩා කරගත් විදුලිය නැවත පිට කරනවා. මෙම පිට කරන විදුලිය කවුරුත් භාරගන්න කැමැති නැති නිසා, එය ගබඩා කර ගන්නට කුමක් හෝ උපක්‍රමයක් යෙදිය යුතු වෙනවා. එහෙත් මේ සඳහා බැටරි යෙදිය නොහැකියි මොකද ඉතා ක්ෂණයකින් බැටරියකට බැහැ විදුලි ශක්තියක් ගබඩා කර ගන්න. ඒ සඳහා තිබෙන හොඳම උපක්‍රම දෙක තමයි එක්කෝ ධාරිත්‍රක භාවිතා කිරීම නැතිනම් ඉන්ඩක්ටර් භාවිතා කිරීම (මෙම උපාංග දෙකෙන්ම ක්ෂණිකව විදුලි ශක්තිය ගබඩා කළ හැකියි). එහෙත් මෙහිදී ඉන්ඩක්ටර් යෙදීමට බැහැ මොකද ප්‍රශ්නය ඇති වී තිබෙන්නෙත් ඉන්ඩක්ටර් නිසා. එවිට කැප් තමයි අවසාන තුරුම්පුව. ඇත්තටම ඉතා විශාල සුවිශේෂි ධාරිත්‍රකයි මේ සඳහා යොදා ගන්නේ. මෙම ධාරිත්‍රක Power Factor Correction Capacitors (PFC caps) ලෙස හැඳින්වෙනවා. එවැනි ධාරිත්‍රක බොහෝ ගණනක් ස්ථාපනය කර ඇති අවස්ථාවක් capacitor bank (ධාරිත්‍රක බැංකුවක්) එකක් ලෙස හැඳින්වෙනවා. පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ කර්මාන්තශාලාවක සවිකර තිබෙන එවැනි කැප් බැන්ක් එකකි.



නැවතත් ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකක් අඳිමු (ධාරාව හා වෝල්ටියතාව දෙක පමණක් තිබෙන පරිදි). මෙම ඩයග්‍රෑම් එකේ කෙලින්ම වෝල්ටියතාව හා ධාරාව ගුණ කිරීමෙන් ඇපරන්ට් ජවය ලැබේ. එය ගැන නැවත කල්පනා කර බලන්න. මෙහි සම්ප්‍රයුක්ත වෝල්ටියතාව යනු භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවමයි. ධාරාව යනු උපාංග දෙකම හරහා යන ධාරාව බැවින් එය ගණනය කිරීමට ගෙන තිබෙන්නේ සම්භාදකයයි. ඒ කියන්නේ මෙම පරිපථයට විදුලිය ලබා දෙන පවර් සප්ලයි එකේ විභවය වෝල්ට්මීටරයකින්ද, එහි ගමන් කරන මුලු ධාරාව ඇම්ප්මීටරයකින්ද මැන, ඒ දෙක ගුණ කළ විට පහසුවෙන්ම ඇපරන්ට් ජවය ගණනය කළ හැකියි (මෙය තමයි මා පෙරත් සඳහන් කළේ ඇපරන්ට් ජවය දැනගැනීම/ගණනය කිරීම ඉතාම පහසු බව).

මෙම ඩයග්‍රෑම් එකෙන්ම සත්‍ය ජවයත් පහසුවෙන්ම ගණනය කළ හැකියි. ඒ සඳහා කිරීමට තිබෙන්නේ විභවය හා ධාරාව එක් දිශාවක් ඔස්සේ ගැනීමයි. ගණිතානුකූලව එය සිදු කරන්නේ විභවය හා ධාරාව අතර පවතින කලා කෝණයේ කොස් අගයෙන් ඇපරන්ට් ජවය ගුණ කිරීමයි. මෙය ගණිතානුකූලව මෙසේ ප්‍රකාශ කළ හැකියි: “විභවයේ (හෝ ධාරාවේ) ප්‍රක්ෂේපණය (projection) ධාරාව (හෝ විභවය) ඔස්සේ ගෙන, එම අගයන් දෙක ගුණ කිරීමයි".




එය සූත්‍රයක් ලෙස පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි.

සත්‍ය ජවය = (ඇපරන්ට් ජවය) x (ධාරාව හා විභවය අතර පවතින කෝණයේ කොස් අගය)

W = (VA)cos(a)

මෙන්න මෙම කොස් අගය (cos(a)) තමයි පවර් ෆැක්ටර් (ජව සාධකය) ලෙස හැඳින්වෙන්නේ. මෙම කොස් අගය 1 බවට පත් වුවොත් ඇපරන්ට් ජවය සත්‍ය ජවයට සමාන වේ. ඒ කියන්නේ කිසිදු ජව හානියක් සිදු නොවේ. ඉහත පැවසූ ලෙසට කැප් බැන්ක් යෙදීමෙන් කරන්නේ එයයි. කලා කෝණය 0 කළ විට කොස්(0) = 1 නිසා, කලා කෝණය 0 කිරීම තමයි එහි අරමුණ. තවද, ඉහත සූත්‍රය පහත

ආකාරයට තවත් සුලු කළ හැකියි.

$$PF = \cos(a) = \frac{W}{VA}$$

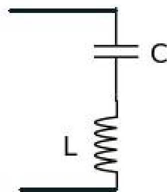
$$PF = \cos(a) = \frac{I^2 R}{I^2 Z} = \frac{R}{Z}$$

ඇත්තටම පවර් ෆැක්ටර් නිවැරදි කිරීමට කැප් යොදන විට, සම්පූර්ණ පරිපථය ප්‍රතිරෝධක, ප්‍රේරක, ධාරිත්‍රක යන උපාංග තුනම ඇතුලත් RLC circuit එකක් බවට පත් වේ. මෙවැනි පරිපථ ගැන පාඩම් මාලාවේ ඉදිරියට ඉගැන්වෙනවා. ඔබ එම පාඩම් ඉගෙන ගත් පසු පවර් ෆැක්ටර් එක නිවැරදි කරන ආකාරය (එනම් එය නිවැරදි කිරීමට යෙදිය යුතු කැප් එකේ අගය සෙවීම) වැටහේවි. තවද, ජව සාධකය නිවැරදි කිරීම ඉලෙක්ට්‍රොනික් පරිපථවල සාමාන්‍යයෙන් සිදු නොකරයි. එහෙත් මේ ගැන න්‍යායාත්මකව හෝ දැන සිටීම වටිනවා.

# LC Circuits

මේ ලෙසම අපට දැන් කැපෑසිටරයක් හා ඉන්ඩක්ටරයක් ශ්‍රේණිගතව හා සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කළ හැකියි නේද? ඔව්. මෙවැනි සර්කිට් LC circuit හෝ resonant circuit හෝ tuning circuit හෝ tuned circuit හෝ tank circuit යන නම්වලින් හැඳින්වේ. ඉතාම ප්‍රයෝජනවත් ගති ගුණයක් (එනම්, අනුනාදය) මෙම සර්කිට් එකේ ඇත.

ශ්‍රේණිගත LC පරිපථය මුලින්ම සලකමු. මෙහි අවුට්පුට් සංඥාව උපාංග දෙක මැදින් ගන්නා විට, විභව බෙදුම් පරිපථයකි. අනෙක් විභව බෙදුම්වලට වඩා මෙය අපූරුය. ඊට හේතුව උපාංග දෙකම සංඛ්‍යාතය මත ප්‍රතිබාදක වෙනස් කර ගන්නා අතර, එසේ වෙනස් කර ගන්නේද විරුද්ධවාදීන් ලෙසයි. එනම්, සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට කැප් එකේ ප්‍රතිබාදකය අඩු වුවත් කොයිලයේ ප්‍රතිබාදකය වැඩි වේ.




මඳක් සිතා බලන්න එවිට විභවය බෙදෙන අනුපාතයට කුමක් වේද? එය අනෙක් විභව බෙදුම්වලට වඩා සීඝ්‍රයෙන් වෙනස් වෙනවා.

මෙහි ධාරිත්‍රකයක් තිබෙන නිසා විචලනය නොවන ඩීසී විදුලිය මෙම පරිපථය හරහා ගමන් නොකරන බව ප්‍රථමයෙන්ම මතක තබා ගන්න.

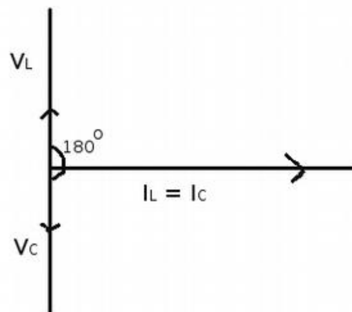
කැප් එකේ අගය මයික්‍රොෆැරඩ් 1 ක් නම් හා කොයිලයේ අගය මිලිෆැරඩ් 1 නම්, ඉහත පරිපථය හරහා සංඛ්‍යාතය හර්ට්ස් 10 ක සංඥාවක් ගලා යන විට විභවය බෙදෙන අනුපාතය බලමු. මෙම සංඛ්‍යාතයේදී ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකය ඕම් 16000 ක් වන අතර, කොයිලයේ ප්‍රතිබාදකය ඕම් 0.063 කි. ඒ අනුව විභවය බෙදෙන අනුපාතය 16000:0.063 හෙවත් 16000000:63 වේ. ඒ කියන්නේ සැපයුම් විදුලියෙන්

අතිවිශාලම පංගුව පිහිටන්නේ කැප් එක හරහාය. දැන් මෙම පරිපථයට කිලෝහර්ට්ස් 100 ක සංඛ්‍යාවක් යොමු කරමු. එවිට ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකය ඕම් 1.6 ක් වන අතර, ඉන්ඩක්ටර් ප්‍රතිබාදකය ඕම් 630 කි. ඒ කියන්නේ විභවය බෙදෙන අනුපාතය 1.6:630 හෙවත් 4:1575 කි. මෙවිට වැඩිපුර වෝල්ටියතාවක් පිහිටන්නේ ඉන්ඩක්ටරය හරහාය. බැලූ බැල්මට මෙය ප්‍රබල හයිපාස් ෆිල්ටරයකි.

ඉහත ඇටවුමෙහි උපාංග දෙක උඩු යටි මාරු කර තැබූ විට, ඉන් ප්‍රබල ලෝපාස් ෆිල්ටරයක ක්‍රියාකාරිත්වය ලැබේ.

රියැක්ටිව් උපාංග දෙකක් ඇති නිසා මේවා සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් පැසිව් ෆිල්ටර් වේ. එනිසා රෝල්-ඕෆ් (බෑවුම) 12dB/octave වේ.

ඉහත පරිපථය ගැන තවත් විස්තර කිව හැකියි. උපාංග දෙක හරහාම ගලන ධාරාව එකයි. එම ධාරාව කැප් එකේ වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් ගමන් කරන අතර, කොයිලයේ වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 ක් පසුපසින් ගමන් කරනවා. ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රක වෝල්ටියතාව හා ප්‍රේරක වෝල්ටියතාව අතර අංශක 180 ක කලා වෙනසක් පවතිනවා.




මින් අදහස් වෙන්නේ උපාංග දෙකෙහි වෝල්ටියතාවන් දෙක හැමවිටම එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධව ක්‍රියා කරනවා යන්නයි. මෙය තමයි LC සර්කිට් එකක තිබෙන අපූරුතම හැසිරීම. සංඛ්‍යාතය ක්‍රමයෙන් වැඩි වේගෙන යන විට, ධාරිත්‍රක වෝල්ටියතාව ක්‍රමයෙන් අඩු වේගෙන යනවා; ඒ සමගම ප්‍රේරක වෝල්ටියතාව ක්‍රමයෙන් වැඩිවේගෙන යනවා. කෙසේ හෝ වේවා මෙම වෝල්ටියතා දෙකෙහි සමක අගය (මුලු අගය) සැපයුම් වෝල්ටියතාවට සමාන විය යුතුයි නේද? ඔව්. උදාහරණයක් වශයෙන් යම් මොහොතක භාහිර (එනම් මෙම පරිපථයේ ඉන්පුට්) වෝල්ටියතාව වෝල්ට් 5 නම්, එහි සංඛ්‍යාතය කුමක් වුවත්, එම උපාංග දෙපස වෙන වෙනම ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාව කුමක් වුවත්, අවසාන වශයෙන් එම උපාංග දෙකෙහි සමක වෝල්ටියතාව භාහිර වෝල්ටියතා අගය වන වෝල්ට් 5 ට සමාන විය යුතුයි.

දැන් අපි බලමු එක් එක් උපාංගය දෙපස ඩ්‍රොප් වන වෝල්ටියතාව, මුලු ධාරාව ආදිය ගණනය කරන අයුරු. පළමුවෙන්ම සම්භාධක අගය ගණනය කරමු. ඊට පෙර මෙය දැනගන්න. කැප් එකේ හා ඉන්ඩක්ටරයේ වෝල්ටියතා දෙක එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධ (එනම් කලා වෙනස අංශක 180 ක්) වේ. එනිසා ධාරිත්‍රක වෝල්ටියතාව + ලෙස සැලකුවොත් කොයිලයේ වෝල්ටියතාව - ලෙස සැලකීමට හැකියි. එහෙත් ඉහත ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එක බලන විට, කොයිලයේ වෝල්ටියතාව + ලෙසත්, ධාරිත්‍රකයේ වෝල්ටියතාව - ලෙසත් සැලකීම සුදුසුය. මෙලෙස ධණ ඍණ සැලකීම ධාරාවටද පොදුය. මෙහිදීද කලා වෙනසක් තිබෙන බැවින් දෛශික ආකලනය යෙදිය යුතුය. එහෙත් මෙම අවස්ථාව සුවිශේෂී අවස්ථාවකි මොකද කලා වෙනස හැමවිටම අංශක 180 කි. එමනිසා, අමුතුවෙන් පෛතගරස් ක්‍රමයට

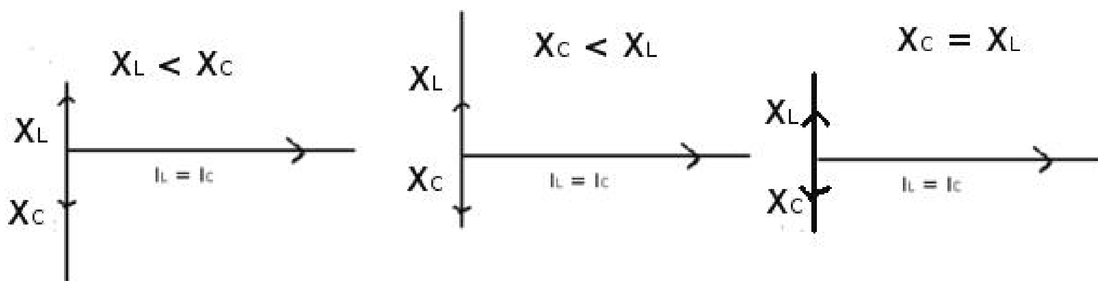
ගණනය කිරීම් කිරීමට අවශ්‍ය නැත; කෙලින්ම ප්‍රතිභාදක අගයන් දෙකේ වෙනස ගන්න; එනම් වැඩි අගය සහිත ප්‍රතිභාදකයෙන් අඩු අගය අඩු කරන්න ($X_L \sim X_C$).

මෙසේ වෙනස ගැනීමේදි ඇතිවන අවස්ථා තුනක් ඇත; ඒ අවස්ථා තුනට නම් තුනක්ද ඇත. පරිපථයේ වැඩි වශයෙන් පවතින්නේ ධාරිත්‍රක ගුණාංගද ප්‍රේරක ගුණාංගද යන්න මත එය තීරණය වේ. පහත එම අවස්ථා තුන ප්‍රතිබාදක ඇසුරිනුත් වෝල්ටියතා ඇසුරිනුත් දක්වා තිබෙනවා. ශ්‍රේණිගත පරිපථවලදී වෝල්ටියතාව ඇසුරින් තමයි බොහෝ ගණනය කිරීම් සිදු කරන්නේ. (එහි උපාංග දෙක හරහාම යන්නේ එකම පොදු ධාරාවක් බැවිනුත් V = IR (හෝ V = IX) බැවිනුත්, දෙපස තිබෙන එකම I පදය කැපී ගොස් අවසානයේ ප්‍රතිබාදක පද ඉතිරි වේ (උදා: $V_L > V_C \rightarrow IX_L > IX_C \rightarrow X_L > X_C$) ).

1. $X_L > X_C$ (හෝ $V_L > V_C$) → inductive

2. $X_L < X_C$ (හෝ $V_L < V_C$) → capacitive

3. $X_L = X_C$ (හෝ $V_L = V_C$) → zero impedance = resonant




ඉහත කියූ ආකාරයට ඉතාම පහසුවෙන් සම්භාදකය ගණනය කර ගත් පසු, සැපයුම් වෝල්ටියතාව ඉන් බෙදීමෙන් ධාරාව ගණනය කළ හැකියි. එම ධාරාවෙන් එක් එක් උපාංගයේ ප්‍රතිබාදකයන් ගුණ කිරීමෙන් ඒ ඒ උපාංග දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයන් ගණනය කළ හැකියි. අංශක 180 කලා වෙනස නිසා, මෙම විභවයන් දෙක හැමවිටම එකිනෙකට ප්‍රතිවිරුද්ධ වේ.

විචලනය නොවන සරල ධාරාවේදී (එනම් සංඛ්‍යාතය 0 දී) සැපයුම් විභවය සම්පූර්ණයෙන්ම ධාරිත්‍රකය දෙපස පමණක් ඩ්‍රොප් වේ. එම උපරිම වෝල්ටියතාවේ සිට ක්‍රමයෙන් අඩු වෝල්ටියතාවක් දක්වා කැප් එකේ වෝල්ටියතාව අඩු වෙනවා සංඛ්‍යාතය වැඩි වේගෙන යන විට. ඊට ප්‍රතිවිරුද්ධ ක්‍රියාව කොයිලයේ සිදු වේ. සංඛ්‍යාතයේ 0 දී (එනම්, ස්ථාවර වෝල්ටියතාවකදී) එහි වෝල්ටියතාව 0 වන අතර, සංඛ්‍යාතය වැඩි වේගෙන යන විට, වෝල්ටියතාව ක්‍රමයෙන් වැඩි වේගෙන යයි (උපරිම අගය වන සැපයුම් වෝල්ටියතාව දක්වා).

මෙම ක්‍රියාවලිය ඉහත සම්බාධක අවස්ථා ඇසුරින්ද දැන් පැහැදිලි කළ හැකියි. ඉන්ඩක්ටිව් අවස්ථවේදී (එනම්, ප්‍රේරකයේ ප්‍රතිබාධකය ධාරිත්‍රකයේ ප්‍රතිබාදකයට වඩා වැඩියෙන් තිබෙන විට) සැපයුම් වෝල්ටියතාවෙන් බහුතර ප්‍රමාණයක් රඳවා ගන්නේ කොයිලය දෙපසය. එලෙසම, කැපැසිටිව් අවස්ථාවේදී සැපයුම් වෝල්ටියතාවෙන් වැඩි ප්‍රතිශතයක් රඳවා ගන්නේ කැප් එක දෙපසය.

## අනුනාදය

හරියටම මෙම අගයන් දෙක (ප්‍රේරක හා ධාරිත්‍රක වෝල්ටියතා) සමාන වන තැනදී සැපයුම් වෝල්ටියතාවෙන් 50% බැගින් එම උපාංග දෙපස ඩ්‍රොප් වෙනවා. මෙම අවස්ථාව "අනුනාදී අවස්ථාව" (resonance) ලෙස හැඳින් වෙනවා. මෙම අනුනාදී අවස්ථාව උදා වෙන්නේ සංඥාව යම් නිශ්චිත සංඛ්‍යාතයකින් යුක්ත වූ විටයි. මෙම සංඛ්‍යාතය අනුනාද සංඛ්‍යාතය (resonant frequency) ලෙස හැඳින් වෙනවා.

**සටහන**

අනුනාදය යනු විද්‍යාව හා තාක්ෂණය තුළ තිබෙන ඉතා වැදගත් සංසිද්ධියකි. මෙය සංඛ්‍යාතය හා බැඳුණු දෙයකි. විවිධ ස්වරූපවලින් අනුනාදය පවතී. ඒ සෑම අවස්ථාවකදීම පවතින පොදු ගතිගුණය නම්, අනුනාදය පවතින විටක, සලකා බලන ලක්ෂණය/ගුණය උපරිම වීමයි. අනුනාදය එදිනෙදා අපට පෙනෙන දැනෙන අවස්ථා කිහිපයක් බලමු.

ගොරවන විටකදී සමහරවිටක ජනෙල් දොරවල් හෝ වෙනත් ඕනෑම දෙයක් විශාල ලෙස (“ඩක ඩක ගාලා") සෙලවෙන අවස්ථා ඔබ දැක ඇති. මීට හේතුව ගොරවන විට ඇති වන ශබ්ද තරංගයේ සංඛ්‍යාතය එම දෙදරන භාණ්ඩයේ ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයට සමාන හෝ බොහෝ ළඟින් පැවතීමයි.

ඔව්, ලෝකයේ ලොකු කුඩා සෑම දේකටම ඊටම අනන්‍ය වූ ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයක් (natural frequency) පවතිනවා. භාණ්ඩයේ හැඩය, සනත්වය, සාදා තිබෙන ද්‍රව්‍ය, එහි අවකාශීය විසිරීම ආදී නොයෙක් සාධක මත එම සංඛ්‍යාතය තීරණය වෙනවා. මෙම ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයේ තිබෙන වැදගත්කම මෙයයි. යම් භාණ්ඩයක් (යමකින් ගසා හෝ වට්ටා හෝ වෙනත් ඕනෑම ක්‍රමයකින්) කම්පනය කරන්නට උත්සහ කළොත්, පිටතින් ලබා දෙන කම්පන ශක්තිය එය කම්පනය කිරීමට තරම් ප්‍රමාණවත් නම්, එම භාණ්ඩය කම්පනය වන්නට වැඩිම කැමැත්තක් දක්වන්නේ තමන්ගේ ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයෙනි. ඒකෙන් කියවෙන්නෙ නැහැ වෙනත් සංඛ්‍යාතවලින් එය කම්පනය නොවන බව. වෙනත් සංඛ්‍යාතයකින් එය කම්පනය කිරීමට වැඩි ශක්තියක් වැය කිරීමට සිදු වේ. තවද, වෙනත් සංඛ්‍යාතයකින් කම්පනය වන වස්තුවක් ඉතා ඉක්මනින්ම කම්පනය නතර කිරීමටද උත්සහ දරනවා. එය හරියට ඔබට සිංදුවක් කියන්න කියා අනෙක් අය බල කරනවා වැනිය. ඒ අයගේ බල කිරීම ප්‍රමාණවත් නම් ඔබට සිංදුව කියන්නට පෙළඹෙන්නට තරම්, ඔබ කියන්නේ ඔබ කැමතිම සිංදුවයි. එහෙත් ඔවුන් කැමැති (එහෙත් ඔබ අකමැති) සිංදුවක් වුවත් කියාවි ඔවුන්ගේ බල කිරීම ඉතා වැඩි නම් නේද?

ඉතිං මෙලෙස යම් භාණ්ඩයක් තමන්ගේ ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයෙන් කම්පනය කරවීමට අවශ්‍ය වන්නේ සාපේක්ෂව කුඩා ශක්තියකි. ඒ කියන්නේ කුඩා ශක්ති ප්‍රමාණයකින් උපරිම කාර්යක් සිදු වෙනවා. මෙය අනුනාදයයි.

ඒ අනුව ගොරවන විට ඇති වූ ශබ්ද තරංගය අර දෙදරන භාණ්ඩයේ ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයට සමාන වන විට, අනුනාදය හේතුවෙන් එම භාණ්ඩයද අධිකව කම්පනය වෙනවා. ඔබ යම් සංගීත භාණ්ඩයක් කම්පනය කරන විට (බෙරයක් නම් ඊට ගැසීමෙන්, ගිටාරයක් නම් කම්බිය ගැස්සීමෙන් ආදී ක්‍රමවලින්), ඉන් මිහිරි හඬක් නිකුත් වෙනවා. එම හඬවල්ද ඒ ඒ භාණ්ඩය (බෙරයක් නම් එහි සමද, ගිටාරයක් නම් එහි තත් කම්පනය වීමෙන්) අනුනාදය වීමෙන් සිදු වන ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයන්ගෙන් සිදුවන කම්පනයන්ය.

ඔරලෝසුවක පැද්දෙන බට්ටාද පැද්දෙන්නේ අනුනාදය යොදාගෙනය. එහි ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයෙන් පැද්දෙන නිසා තමයි එකම විදියට දීර්ඝ කාලයක් එක දිගට පැද්දෙමින් තිබෙන්නේ. මේ සඳහා බට්ටා වැය කරන ශක්තිය සාපේක්ෂව අඩුයි. ගැස්සෙන පැද්දෙන සෑම දේකටම මෙම ලක්ෂණය පවතී.

ඔන්චිල්ලාවක් ගන්න. ඔබ ඔන්චිල්ලා පැද ඇති; තල්ලු කර ඇති. කෙනෙකු ඔන්චිල්ලාවේ වාඩි වූ පසු, එය පැද්දීමට යම් රිද්මයක් ලැබේ (ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතය). වාඩිවෙන කෙනාගේ බර අනුව එම රිද්මයද වෙනස් වේ. බර වැඩි කෙනෙක් වාඩි වූ විට, එය ඉහල පහල පැද්දෙන්නේ තරමක අඩු වේගයකිනි (ඔබටම මෙය අත්හදා බලන්න පුලුවන්). ඒ කියන්නේ වාඩි වෙන කෙනාගේ බර අනුව අනුනාද සංඛ්‍යාතය වෙනස් වෙනවා. එය වරක් තල්ලු කරන විට, එහි ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයෙන් පැද්දීමට පටන් ගනී. වාතයේ ඝර්ෂණය නිසා එම පැද්දීම ක්‍රමයෙන් නවතින බැවින් ඔබ එය නැවත නැවත තල්ලු කරනවා නේද? ඔබ එය තල්ලු කරන විදිය ගැන මතක් කර බලන්න. ඔන්චිල්ලාවේ පැද්දෙන වේගයෙන් තමයි ඔබ එය තල්ලු කරන්නේ නේද? ඔබේ ඉතා කුඩා තල්ලුවකින් ඔන්චිල්ලාව එන්න එන්නම උඩට යයි. ඔන්චිල්ලාව එවැනි හපන්කමක් කරන්නේ ඊට ඔබෙන් ලැබෙන තල්ලුව එහි ස්වාභාවික පැද්දෙන සංඛ්‍යාතයට සමාන වී අනුනාදය වන නිසාය.

සමහරවිට ඔබ දැක ඇති සමහර ශබ්ද මඟින් වීදුරු ආදිය කැඩී යනවා. මීට හේතුවත් අනුනාදයයි. ශබ්දයේ සංඛ්‍යාතය එම වීදුරුවේ ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයට සමාන වී එය උපරිම ලෙස කම්පනය වී බිඳී යනවා. ගුවන් යානා හා වෙනත් වාහනවලද මෙය බරපතල ප්‍රශ්නයකි. උදාහරණයක් ලෙස, ගුවන් යානයේ එන්ජින් එක ක්‍රියා කිරීම නිදා දෙදරීමක් ඇති වෙනවනේ. එම දෙදරන සංඛ්‍යාතය ගුවන් යානයේ කුමක් හෝ වැදගත් කොටසක (ගුවන් යානයේ බඳ කොටස වැනි) ස්වාභාවික සංඛ්‍යාතයට සමාන වුවොත් පහසුවෙන්ම එම කොටස කැඩී ගොස් ගුවන් යානය/වාහනය විනාශ විය හැකියි.

මේ ආදී ලෙස අනුනාදය ස්වාභාවිකවත් කෘත්‍රිමවත් වාසියටත් අවාසියටත් යෙදෙන අවස්ථා ඕනෑ තරම් කිව හැකියි. විදුලියේදී අනුනාදය යන්නෙන් හඳුන්වන්නේ කුමක්ද?

යම් විදුලි සංඥා සංඛ්‍යාතයකදී වෝල්ටියතාව හෝ ධාරාව හෝ සම්භාදකය උපරිම වේ නම්, එතැන (විදුලි) අනුනාදයක් පවතිනවා යනුවෙන් සැලකිය හැකියි.

මෙහිදී මතක තබා ගත යුතු තවත් දෙයක් නම්, සලකනු ලබන යම් ගතිගුණයක් අනුනාදය නිසා උපරිම වන විට, තවත් ගතිගුණයක් අවම අගයද ගත හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, අනුනාදය නිසා ධාරාව උපරිම වන විට, එයම අපට කිව හැකියි සම්භාදකය අවම වෙනවා කියා අනුනාදී අවස්ථාවේදී. එහෙත් හැමවිටම අනුනාදය පොදුවේ ගත් විට යම් ගතිගුණයක් උපරිම වන බව නම් සත්‍යයක් (අවම වීමක් ඇති නම්, පළමුව උපරිම වන්නේ කුමක්ද යන්නද සොයා බලන්න).

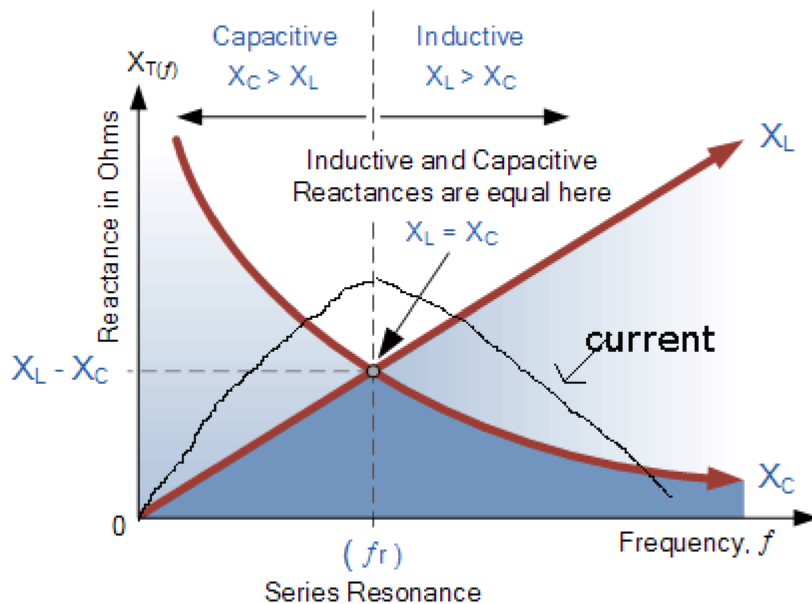
ඉහත සඳහන් කළ ආකාරයට ප්‍රතිභාදක දෙක සමාන වන අවස්ථාව අනුනාද අවස්ථාවයි. එවිට සම්භාදක අගය ශූන්‍ය වේ. සම්ප්‍රයුක්ත සම්භාදකය ශූන්‍ය වුවත් තවමත් එහි ප්‍රතිභාදක පවතී. එහෙත් මෙම ප්‍රතිභාදක දෙක පවතින්නේ එකක් ධන හා එකක් ඍණ වශයෙන් (එනම් එකිනෙකට විරුද්ධ දිශාවලට) බැවින් එම අගයන් දෙක සමාන වන විට, එකිනෙකට කැපී යනවා. ඕම් නියමය අනුව, ඕනෑම වෝල්ටියතාවක් ශූන්‍යයෙන් බෙදූ විට ලැබෙන ධාරාව අනන්තයකි. ඒ කියන්නේ අනුනාද සංඛ්‍යාතයේදී පරිපථ කොටසේ ධාරාව අනන්තයක් බවයි. සෛද්ධාන්තිකව (එනම් ගණිතයට අනුව; සූත්‍රයට අනුව) එසේ ප්‍රකාශ කළත්, සත්‍ය ලෙස කිසිදු දෙයක අනන්තයක් අපට හමු වන්නේ නැත (විශේෂයෙන් විදුලියේදී වෝල්ටියතාවක් හෝ ධාරාවක් හෝ ප්‍රතිරෝධයක් අනන්ත අගයක් සහිතව ලැබෙන්නේ නැත). එහෙත් මින් කියන්නේ අනුනාදී අවස්ථාවේදී ධාරාව ඉතා විශාල උපරිම අගයක්

ලැබෙන බවයි.

සත්‍ය ලෝකයේදී ඉහත අනුනාද අවස්ථාවේදී අනන්ත ධාරාවක් නොලැබීමට හේතුව මෙයයි. ප්‍රතිබාධක අගයන් දෙක එකිනෙකට කැපී යනවා. එය සත්‍යයක්. එලෙස ප්‍රතිබාධක අහෝසි වුවත්, හැමවිටම කිසිදා අහෝසි කළ නොහැකි ප්‍රතිරෝධය එතැන ඇත. අයිඩියල් ධාරිත්‍රක හා අයිඩියල් කොයිල්වල හා අයිඩියල් වයර්වල අප ප්‍රතිරෝධකතා නැතැයි උපකල්පනය කළත්, සැබෑ ධාරිත්‍රක, සැබෑ කොයිල්, සැබෑ වයර්වල කුඩා ප්‍රතිරෝධකතා තිබෙනවා. ප්‍රතිබාධකය අහෝසි වුවත් මෙලෙස ඇති ප්‍රතිරෝධක අගය නිසා ධාරාව අනන්තයක් නොවී එහෙත් විශාල අගයක්ව පවතිනවා.

මේ අනුව ඉහත පැහැදිලි කිරීම් මෙසේ සාරාංශගත කළ හැකියි. අනුනාද අවස්ථාවේදී (ඒ කියන්නේ අනුනාද සංඛ්‍යාතය (resonant frequency) සහිත විදුලි සංඥාවක් LC පරිපථය හරහා ගලා යන විට), කිසිදු සම්භාදකයක් නැත. එවිට ගලා යන ධාරාව උපරිම වේ. එහෙත් කිසිමවිටක ශ්‍රේණිගත LC පරිපථයේ භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාව රිසොනන්ට් සර්කිට් එකේ උපාංගවල ක්‍රියාකාරිත්වය නිසා වෙනස් නොවේ. V=IR අනුව, V නියත විට, R ගේ විචලනය සෘජුවම බලපාන්නේ I ටයි. ඒ කියන්නේ සම්භාදකය අඩු වන විට ධාරාව වැඩි වේ.

පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ රිසොනන්ට් පරිපථයක ධාරාව හා සම්භාදකයන් සංඛ්‍යාතය සමග වෙනස් වන ආකාරයයි. මෙහි පැහැදිලිවම පෙනෙනවා එක් නිශ්චිත සංඛ්‍යාතයකදී (එනම් අනුනාද සංඛ්‍යාතයේදී) ධාරාව උපරිම වී (හෙවත් සම්භාදකය අවම වී), එම සංඛ්‍යාතයට අඩු හා වැඩි සංඛ්‍යාත සඳහා ක්‍රමයෙන් ධාරාව අඩු (හෙවත් සම්භාදකය වැඩි) වීගෙන යන බව. මෙම රූපය හා විස්තරය හොඳින් මතක තබා ගැනීම ප්‍රයෝජනවත්ය. මෙම ප්‍රස්ථාරයේ y අක්ෂයට ගෙන ඇත්තේ ප්‍රේරක හා ධාරිත්‍රක ප්‍රතිභාදක දෙකෙහි වෙනසයි.




අයිඩියල් රිසොනන්ට් සර්කිට් එකක් ගන්න (ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රක, ප්‍රතිරෝධක, හා වයර්වල කිසිදු ප්‍රතිරෝධක නැතැයි උපකල්පනය කළ අවස්ථාව). එහි අනුනාද සංඛ්‍යාතය කුමක්ද? ඔබ දන්නවා අනුනාදය සිදු වන්නේ ප්‍රතිබාදක අගයන් දෙක සමාන වූ අවස්ථාවයි. එනිසා,

$$X_C = X_L$$

$$\frac{1}{2\pi fC} = 2\pi fL$$

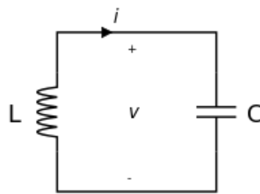
$$1 = 2^2 \pi^2 f^2 LC$$

$$f^2 = \frac{1}{2^2 \pi^2 LC}$$

$$\boldsymbol{f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}$$

ඒ අනුව මෙම සූත්‍රයෙන් එකවරම ඔබට දැන් ඉහත රිසොනන්ට් සර්කිට් එකේ රිසොනන්ට් ෆ්‍රීක්වන්සි එක සොයා ගන්න පුලුවන්.

රිසෝනන්ට් පරිපථයේ කිසිදු ප්‍රතිරෝධකයක් නැති නම් (ඒ කියන්නේ ධාරිත්‍රකය, ප්‍රේරකය, වයර් යන තුන් වර්ගයේම ප්‍රතිරෝධ ශූන්‍යයි; තුනම අයිඩියල් උපාංගයි), එම පරිපථයට අනුනාද සංඛ්‍යාතයෙන් යුතු විදුලි සංඥාවක් යොමු කර, එම භාහිර විදුලි සම්බන්ධතාව එකවර විසන්ධි කළ විට, කුමක් වේවිද? (පහත රූපය). කෙනෙකුට අවශ්‍ය නම් මෙය සමාන්තරගත LC පරිපථයක් ලෙසද හැඳින්විය හැකියි. එහෙත් මෙහිදී කර තිබෙන්නේ සංඥාව ලබා දුන් සැනින් භාහිර විදුලි සැපයුම ඉවත් කර පරිපථය ෂෝට් කිරීමයි.




එවිට, රිසෝනන්ට් සංඛ්‍යාතයේදී ප්‍රතිබාදකයද ශූන්‍ය නිසා, පරිපථයේ ප්‍රතිරෝධයත් ශූන්‍ය නිසා, කිසිදා නොනැසී දිගටම (අවුරුදු කෝටි ගණනක් වුවද) එම සංඥාව දෝලනය වෙමින් පවතීවි.

**සටහන**

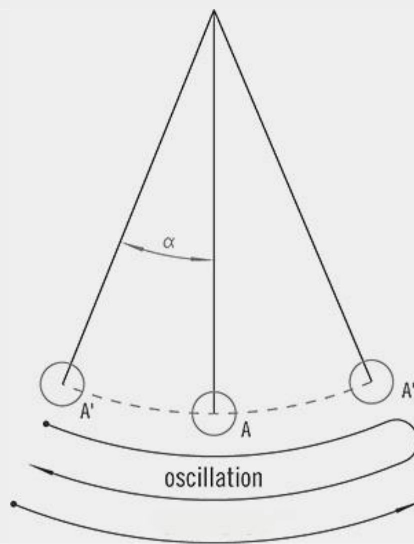
## දෝලන හා දෝලක

දෝලනයක් (oscillation) යනු සලකා බලන යම් දෙයක් අවස්ථා දෙකක් අතර මාරුවෙන් මාරුවට යම් රිද්මයකින් පැවතීමයි.

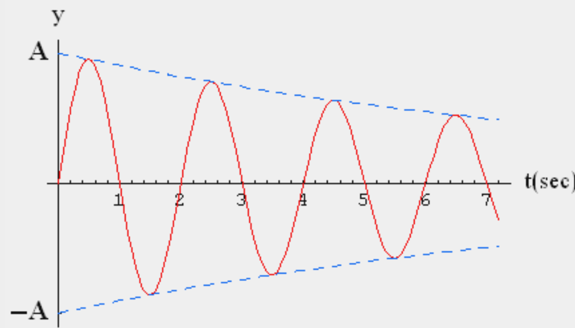
ඔරලෝසුවේ බට්ටා උදාහරණයට ගන්න. එය දෙපැත්තට යම් රිද්මයකට පැද්දෙනවා. එහිදී බට්ටා වරක් වම් පැත්තේ යම් උසක් දක්වා ගමන් කරයි. එම අවස්ථාවේදී බට්ටා තුළ උපරිම විභව ශක්තියක් (potential energy) පවතින අතර එම ක්ෂණයෙහි එය උඩට යන ගමන නවත්වා ආපසු ගමන ඇරඹීටම සැරසෙන නිසා චලනයක් නැති අවස්ථාවක් ලෙස සැලකිය හැකියි. එවිට, එම අවස්ථාවේ එහි චාලක ශක්තිය (kinetic energy) ශූන්‍ය හෙවත් අවම අගය වේ. දැන් බට්ටා පහලට ගමන අරඹයි. මුලින් සෙමින් පටන් ගෙන ක්‍රමයෙන් වේගය වැඩි කර ගෙන, හරි මැදට බට්ටා පැමිණි විට, එහි වේගය උපරිම වේ. ඒ කියන්නේ චාලක ශක්තිය උපරිම වේ; මෙවිට එහි විභව ශක්තිය අවමය වේ. නැවතත් බට්ටා එම මැද ස්ථානය පාස් කරන් දකුණු අත පැත්තේ ඉහළ යම් ස්ථානයක් දක්වා ගමන් කරයි. ඒ යන අතරේ

වේගය සෙමින් අඩු වී ඉහලම ලක්ෂයේදී මොහොතකට නිශ්චල වේ. මෙම අවස්ථාව පෙර වම් අත පැත්තේ සිදු දේට සමානය. එනම්, එම අවස්ථාවේදී චාලක ශක්තිය අවම වන අතර, විභව ශක්තිය උපරිම වේ. මේ සිදුවීම නොකඩවා නැවත නැවත සිදු වේ. මෙවැන්නක් තමයි දෝලනයක් කියා පවසන්නේ.

මෙම උදාහරණයේදී බට්ටාගේ චාලක ශක්තිය හා විභව ශක්තිය දෙක අතර වරින් වර මාරු වුණා. බට්ටා උඩම කෙලවරේ සිටින විට තිබූ විභව ශක්තිය ක්‍රමයෙන් චාලක ශක්තිය බවට පත් කළා බට්ටා හරි මැදට එන තුරු. හරි මැද අවස්ථාවේදී සියලු විභව ශක්තිය වැය කොට අවසන්. එහෙත් මෙම අවස්ථාවේ තිබෙන චාලක ශක්තිය නිසා තවදුරටත් බට්ටා අනෙක් පසින් උඩට ගමනේ යෙදෙනවා. එවිට එම චාලක ශක්තිය ක්‍රමයෙන් වැය වී නැවත විභව ශක්තිය බවට පරිවර්තනය වෙනවා. අනෙක් කෙලවරේ උඩටම පැමිණි විට, චාලක ශක්තිය අවම වීම නිසා බට්ටා නතර වෙනවා. එහෙත් එවිට එම චාලක ශක්තිය විභව ශක්තිය ලෙස ගබඩා වී තිබෙන නිසා, එය වැය කරමින් සුපුරුදු ලෙසම ආපස්සට චලනය වෙනවා.




මෙය ඉවරයක් නැතිව දිගින් දිගටම සිදු වෙනවා නේද? ඔව්. එහෙත් එය නොනවත්වාම සිදු වීමට එක් කොන්දේසියක් අවශ්‍යයි. එය නම්, බට්ටා ගමන් කරන විට, ඊට කිසිදු ඝර්ෂණයක් නොදැනිය යුතුයි. ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධී බලයක් ඊට නොදැනිය යුතුයි. සැබෑ ලෝකයේදී ඔබ දන්නවා බට්ටා සවිකර තිබෙන කොටස සමග ඇතිල්ලීම නිසාද, වාතය සමග ගැටෙන නිසාද ප්‍රතිරෝධී බලයක් පවතිනවා. එවිට, බට්ටා එක වරක් උස්සා අත් හැරිය විට, එය දෝලනය වන උස ක්‍රම ක්‍රමයෙන් අඩු වී අවසානයේ හරි මැද නතර වෙනවා (මෙය ඔබට සුපුරුදු අත්දැකීමක්නෙ). මෙවැනි ක්‍රමයෙන් ශක්තිය හීන වී ගෙන යන දෝලනයක් "පරිමන්දිත දෝලන" (damped oscillation) යන නමින් හැඳින්වෙනවා. පරිමන්දනය නොවී ගමන් කරන විට, එම දෝලනය ලස්සනට සයිනාකාර තරංගයකින් දැක්විය හැකියි. එහෙත් පරිමන්දනය වන විට, ක්‍රමයෙන් විස්තාරය අඩු වී ගෙන යන සයිනාකාර තරංගයක් හැටියටයි එක දක්වන්නේ.




බට්ටා පැද්දුනාක් මෙන්ම තවත් බොහෝ දේවල් දෝලනය වෙනවා. විදුලියද දෝලනය කළ හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, විදුලිය විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් හා චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් අතර දෝලනය වීමට සැලැස්විය හැකියි. ඉහත LC පරිපථය එවැන්නකට උදාහරණයකි.

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල දෝලන ඉතාම වැදගත්. දෝලනය ඇති කරන පරිපථ කොටස් දෝලක (oscillator) යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. විවිධ නම්වලින් විවිධාකාරයේ ඔසිලේටර් සර්කිට් තිබෙනවා (ඒවා පසුව පැහැදිලි කෙරේ). පරිගණක තාක්ෂණය මෙන්ම මුලු ඩිජිටල් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ක්ෂේත්‍රයම රඳා පවතින්නේ දෝලක මතයි. දෝලක නැතිනම්, පරිගණක නැත. එවිට, ලෝකය මෙතරම් තාක්ෂණිකවත් විද්‍යාත්මකවත් දියුණු නොවී පැවතීමට ඉඩ තිබුණා. විදුලි දෝලකයදී සලකන්නේ විදුලිය ගමන් කරන මාර්ග/විදිය ගැනයි. එනම්, විදුලිය අඛණ්ඩව යම් මාර්ගයක් දිගේ ගමන් කරනවා නම් එතැන දෝලනයක් නැත. එහෙත් එම විදුලිය (අවම වශයෙන්) මාර්ග දෙකක මාරුවෙන් මාරුවට ගමන් කරනවා නම් එය දෝලනයකි. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල (හා පොදුවේ ගත් කළත්) පොදුවේ දෝලක වර්ග තුනක් තිබේ.

1. monostable oscillator - මෙහිදී විදුලිය/සංඥාව A සිට B ට මාරු වී (A හා B යනු විදුලිය ගමන් කරන මාර්ග දෙකකි), යම් කාලයකට පසුව නැවත තමන් පෙර සිටි A වෙතට මාරු වී දිගටම එතැන පවතිනවා. Stable යන ඉංග්‍රිසි වදනෙහි සිංහල තේරුම "ස්ථායි" යන්නයි. ඉතිං නමින්ම කියවෙන පරිදි මෙම දෝලකයේ ස්ථායි ස්ථාන තිබෙන්නේ එකක් පමණි (mono යන උපසර්ගයේ තේරුම "එක" යන්නයි). අනෙක් ස්ථානය (හෝ ස්ථාන) අස්ථායි වේ; වැඩි කාලයක් එතැන නොරැඳේ. අස්ථායි ස්ථානයේ රැඳී සිටිය යුතු කාලය අපට පරිපථයේ යොදන අගයන් වෙනස් කිරීමෙන් සකසා ගත හැකියි.

2. bistable oscillator - මෙහි ස්ථාන දෙකම ස්ථාවර වේ (bi යන උපසර්ගයේ තේරුම "දෙක" යන්නයි). ඒ කියන්නේ විදුලිය/සංඥාව එක තැනක ඕනෑම කාලයක් තිස්සේ දිගටම පැවතිය හැකියි. එහෙත් යම් ක්‍රමයකින් (ට්‍රිගර් එකකින්) එම ස්ථානය අනෙකට මාරු කළ හැකියි. එවිට, එම නව ස්ථානයත් ස්ථායි බැවින් දිගටම එම ස්ථානයේම පැවතිය හැකියි. නැවතත් ට්‍රිගර් කිරීමෙන් තමයි අනෙකට මාරු කළ හැක්කේ. මෙහිදී කාලයක් සකසන්නට නැත. එහෙත් එකකින් අනෙකට මාරු වීමට ට්‍රිගර් එකක් සැකසිය යුතුයි.

3. astable/unstable oscillator - මෙය තමයි බහුලවම භාවිතා කරන ඔසිලේටරය. මෙයම multi-vibrator යන නමින් හැඳින් වෙනවා. නියම ඔසිලේටර් ක්‍රියාවලිය සිදු වන්නේ මෙහිය. නමින්ම කියවෙන පරිදි ස්ථාන දෙකම අස්ථායි වේ. ඒ කියන්නේ එක් අවස්ථාවක විදුලිය එක අග්‍රයකින් පිට කරනවා. එලෙස ටික වෙලාවක් එතැන රැඳී සිට, ඉබේම ඊ ළඟ අග්‍රයට මාරු වෙනවා. එතැනත් මොහොතක් රැඳී සිට නැවතත් සිටපු තැනට මාරු වෙනවා. මේ විදියට නොනවත්වාම එකකින්

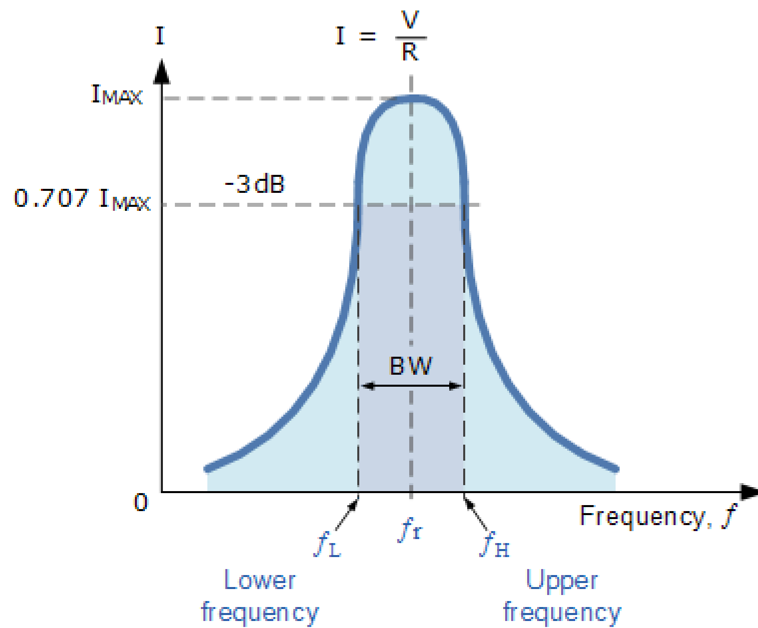
අනෙකට මාරු වෙවී පවතිනවා. එක ස්ථානයක රැඳී සිටින කාලය අපට අවශ්‍ය විදියට සැකසිය හැකියි උපාංගවල අගයන් වෙනස් කිරීමෙන්. රේඩියෝ සිග්නල්, ඕඩියෝ සිග්නල්, ඩිජිටල් සර්කිට්වලට අවශ්‍ය පල්ස් සියල්ලම සාදන්නේ මෙවැනි ඇස්ටේබල් ඔසිලේටර් එකකින්ය.

එය විග්‍රහ කිරීමට කොතැනින් හෝ පටන් ගත යුතුය. යම් මොහොතක කැප් එක තුළ විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් ලෙස එම විදුලිය සම්පූර්ණයෙන්ම ගබඩා වී පවතිනවා. එවිට, පරිපථයේ කිසිදු ධාරාවක් ගලා යන්නේ නැත. ඒ කියන්නේ මෙවිට කොයිලයේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක්ද නැත. එහෙත් කැප් එක දැන් සංවෘත පරිපථයක් ලෙස පවතින බැවින්, කොයිලය හරහා එය ඊට ලාක්ෂණික ආකාරයට (ධාරිත්‍රකය චාජ්/ඩිස්චාජ් වන ලාක්ෂණික ආකාරය වන්නේ සාතීය ශ්‍රිතයේ ආකාරයටයි) ඩිස්චාජ් වෙන්න පටන් ගන්නවා. එවිට, පරිපථයේ ධාරාවක් ගලා යනවා. මෙම ධාරාව නිසා ප්‍රේරකයේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගන්නවා. ධාරිත්‍රකය ක්‍රමයෙන් ඩිස්චාජ් වෙන විට, එහි විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය ක්‍රමක්‍රමයෙන් හීන වෙන අතර, චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ක්‍රමයෙන් ප්‍රබල වෙනවා. යම් මොහොතක කැප් එක සම්පූර්ණයෙන්ම ඩිස්චාජ් වෙනවා; එවිට විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයක් නැත. මේ මොහොතේදී කොයිලයේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය උපරිම වී ඇත. තවදුරටත් පරිපථය හරහා ධාරාවක් ගලන්නේ නැත.

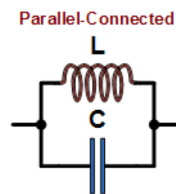
මෙනිසා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය දැන් ඩිස්චාජ් වෙන්න පටන් ගන්නවා ධාරිත්‍රකය හරහා (ඊටම ලාක්ෂණික ක්‍රමයට; මෙයද සාතීය ශ්‍රිතයක් ආකාරය ගනී). එවිට පරිපථයේ ධාරාවක් ගලනවා. මේ විදියට චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ක්‍රමයෙන් හීන වෙමින් ධාරිත්‍රකයේ විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රය ප්‍රබල වෙනවා.

මෙම ක්‍රියාවලිය නොකඩවා ඇති වෙනවා. ධාරිත්‍රකය ඩිස්චාජ් වන වේගයෙන්ම කොයිලය චාජ් වීමද, කොයිලය ඩිස්චාජ් වෙන වේගයෙන් ධාරිත්‍රකය චාජ් වීමද සිදු විය යුතුයි. මෙය හරියට දෙන්නෙක් එකතු වී කරන නැටුමක් වගේ. දෙන්නා පාද තැබිය යුත්තේ එකම රිද්මයටයි. ඒ කියන්නේ මෙම ක්‍රියාවලිය සිදු වීමට යම් රිද්මයක් නොහොත් සංඛ්‍යාතයක් තිබෙනවා. එය තමයි අනුනාද සංඛ්‍යාතය. ඉහත සිදු වූයේ විදුලි දෝලනයකි. චුම්භක ක්ෂේත්‍රයත් විද්‍යුත් ක්ෂේත්‍රයත් අතර දෝලනයකි (හරියට ඔරලෝසු බට්ටා විභව ශක්තියත් චාලක ශක්තියත් අතර දෝලනය වූවා වාගේ).

නැවත අපි ශ්‍රේණිගත LC පරිපථය බලමු. එහි අනුනාද සංඛ්‍යාතයේදී ධාරාව උපරිම වේ (සම්බාධකය අවම වේ). එම සංඛ්‍යාතයට දෙපසින් පවතින සංඛ්‍යාතයන් වලදී ධාරාව සීඝ්‍රයෙන් පහල යයි. මෙය එක්තරා විදියක පිල්ටරයකි. එනම්, අනුනාද සංඛ්‍යාතය මැදි කොට ගත් යම් සංඛ්‍යාත පරාසයක් පමණක් ඉතිරි වී අනෙක් සංඛ්‍යාතයන් පිල්ටර් වේ. ඒ කියන්නේ මෙය බෑන්ඩ්පාස් පිල්ටර් එකක්. මෙහි -3dB ස්ථාන දෙක half-power point යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. ඔබට දැන් වැටහිය යුතුයි ඇයි එම නම එලෙස යෙදුවේ කියා (-3dB යනු ජවය හරි අඩකින් අඩුවන අවස්ථාව). මෙම හාෆ්-පවර් ස්ථාන දෙක අතර පරාසය තමයි පාස්බෑන්ඩ් එක හෙවත් බෑන්ඩ්විත් එක කියන්නේ. පහත රූපය බලන්න. මෙම බෑන්ඩ්විත් එක ගොඩක් පටුයි. ඒ කියන්නේ සංඛ්‍යාත පරාසය පටුයි. ඊට හේතුව පිල්ටර් රෝල්-ඕෆ් (බෑවුම) ඉතාම වැඩි වීමයි.



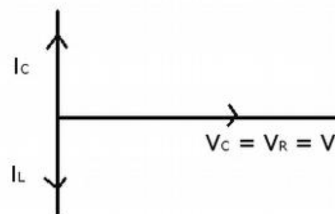

දැන් අපි සමාන්තරගත LC පරිපථයක් බලමු.




මෙහි සැපයුම් වෝල්ටියතාව තමයි උපාංග දෙකටම පොදු වන්නේ (එනම්, උපාංග දෙකෙහිම හැමවිටම මෙම වෝල්ටියතාව පවතිනවා). එහෙත් මේ දෙකෙන් ගලා යන ධාරාවන් වෙනස්.

මෙම පරිපථයට විචලනය නොවන ඩීසී වෝල්ටියතාවක් ලබා දුන් විට, ධාරිත්‍රකය හරහා ධාරාවක් ගලා නොයන බැවින් ධාරිත්‍රකය නැතිව තනිවම ඉන්ඩක්ටරය පවතින පරිපථයක් බවට සරල වන බව ඔබට පෙනෙනෙවා නේද?

දැන් විචලනය වන විදුලියක් යන අවස්ථාව ගමු. මෙහි ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එක පහත දැක්වේ.




පළමුවෙන්ම මෙහි සම්භාදකය සොයමු. අංශක 180 ක කලා වෙනස නිසා, අමුතුවෙන් දෛශික ආකලනය නොකර කෙලින්ම ඒ වෙනස ගත හැකියි. එනම්,

$1/Z = 1/X_C \sim 1/X_L$ හෝ $Y = B_C \sim B_X$

(මෙහි ~ යන සලකුණින් කියන්නේ දෙකෙහි වෙනසයි. ඒ කියන්නේ පළමු පදයෙන් දෙවැනි පදය අඩු කරන හෝ දෙවැනි පදයෙන් පළමු පදය අඩු කරන ලෙසයි. සාමාන්‍යයෙන් වැඩි අගයෙන් අඩු අගය අඩු කෙරේ.)

මෙහිදීද ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවේදී මෙන් පහත ආකාර (mode) තුන පවතී. ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවේදී නම් ආකාරය තීරණය කරන්නේ වෝල්ටියතාව පදනම් කරගෙනයි. එනම්, උපාංග දෙකෙන් කොයි එකේද වැඩිපුර වෝල්ටියතාවක් ඩ්‍රොප් වුණේ කියන එක මත. එනිසා ප්‍රතිබාදකය වැඩි අවස්ථව තමයි සැලකුවේ. එහෙත් සමාන්තරගත අවස්ථාවේදි එය තීරණය කරන්නේ ධාරාව මතයි. ඒ කියන්නේ වැඩිපුරම ධාරාව ගලා යන උපාංගය තමයි ආකාරය තීරණය කරන්නේ. ඒ අනුව පහත ආකාර ගැන සිතන්න.

1. $1/X_C > 1/X_L$ (හෙවත් $I_C > I_L$) – capacitive

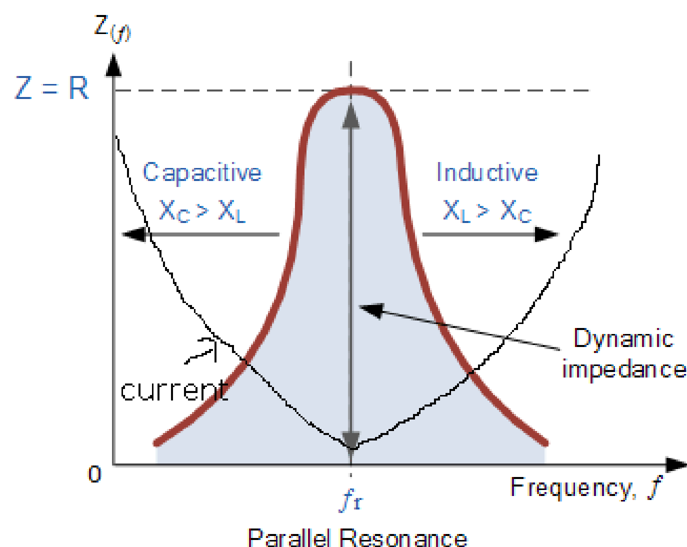
2. $1/X_L > 1/X_C$ (හෙවත් $I_L > I_C$) – inductive

3. $1/X_L = 1/X_C$ හෙවත් $X_L = X_C$ (හෙවත් $I_L = I_C$) – resonant

දැන් ඉහත සැපයුම් වෝල්ටියතාව ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකයෙන් බෙදීමෙන් ධාරිත්‍රකය හරහා යන ධාරාවද, සැපයුම් වෝල්ටියතාව ප්‍රේරක ප්‍රතිබාදකයෙන් බෙදීමෙන් ප්‍රේරකය හරහා යන ධාරාවද වෙන වෙනම ගණනය කළ හැකියි. ඉන්පසු (කලා වෙනස නිසා) එම දෙකෙහි දෛශික ආකලනයෙන් මුලු ධාරාව ලබා ගත හැකියි. එහෙත් මෙහිදී පෙර සේම, අංශක 180 කලා වෙනස නිසා, අමුතුවෙන් දෛශික ආකලනයක් කිරීමට අවශ්‍ය නැත; කෙලින්ම ධාරාවන් දෙකෙන් වැඩි අගයෙන් අඩු අගය අඩු කරන්න.

එසේ නැතිනම්, දැනටමත් ඔබ සම්බාදකය ගණනය කර අවසන් නිසා, සැපයුම් වෝල්ටියතාව එම සම්බාදකයෙන් බෙදීමෙන් ලැබෙන්නේද මුලු ධාරාවයි.

ඉහත සමානතරගත LC පරිපථයේ සංඛ්‍යාතයන් වෙනස් වීමේදී හැසිරෙන ආකාරය බලමු. අඩු සංඛ්‍යාතයකදී ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකය ඉහල නිසා ඒ තුලින් ගලන ධාරාව ඉතාම අඩුය. අඩු සංඛ්‍යාතවලදී ප්‍රේරක ප්‍රතිබාදකය ඉතාම පහල නිසා ඒ තුලින් ගලන ධාරාව ඉතාම වැඩිය. දැන් සංඛ්‍යාතය වැඩි කර බලන්න. වැඩි සංඛ්‍යාතයන්හිදි ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකය අඩු වී ඒ හරහා ගලන ධාරාව වැඩි වන අතර, ප්‍රේරක ප්‍රතිබාදකය වැඩි වී ඒ හරහා ගලන ධාරාව අඩු වේ. මෙය පහත ආකාරයට ප්‍රස්ථාරගත කළ හැකියි.



Parallel Resonance

ඉහත ප්‍රස්ථාරයත් ශ්‍රේණිගත LC පරිපථයේ ප්‍රස්ථාරයට නැකමක් දක්වනවා. මෙම ප්‍රස්ථාරයේදී යම් සංඛ්‍යාතයකදී පරිපථයේ සම්බාදකය අනන්තය (එනම්, උපරිම) වේ. එවිට, ධාරාව අවම වේ. මෙය ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවේ විරුද්ධ ක්‍රියාව නේද? අනන්තය ලෙස දක්වා තිබුණත් සැබෑ තත්වය නම්, මෙහි සම්බාදකය අති විශාල එකක් වගයි.

$$\frac{1}{Z}=\frac{1}{X_L}-\frac{1}{X_C}$$

$$X_L=X_C=X \text{ විට}$$

$$\frac{1}{Z}=\frac{1}{X}-\frac{1}{X}=\frac{1-1}{X}=\frac{0}{X}$$

$$Z=\frac{X}{0}\rightarrow\infty$$

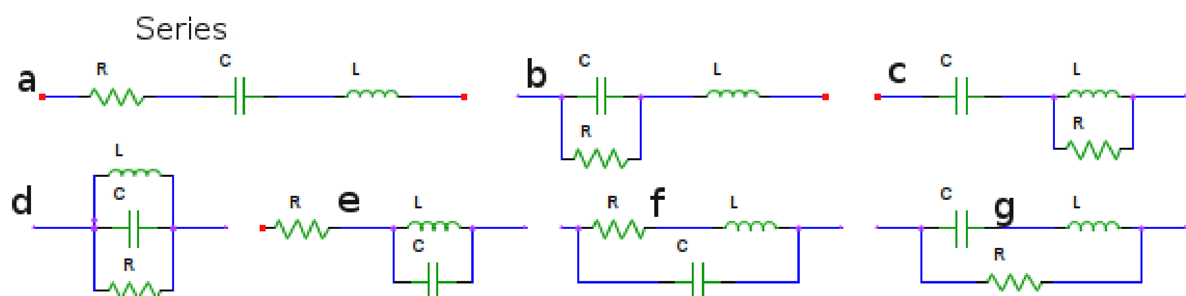
## RLC circuit

දැන් අපි රෙසිස්ටර් ඉන්ඩක්ටර් කැපැසිටර් යන උපාංග තුනම එකට යොදාගෙන සාදනු ලබන පරිපථ ගැන විමසමු. මෙවැනි පරිපථ RLC circuit ලෙස හැඳින්වේ.

න්‍යායාත්මකව අප ඉහත ආකාරයට LC පරිපථ ගැන කතා කළත්, ප්‍රායෝගිකව කිසිවිටක එවැනි පරිපථයක් සෑදිය නොහැකියි මක්නිසාද ධාරිත්‍රකයේ හා ප්‍රේරකයේ හැමවිටම ප්‍රතිරෝධකතා පවතින බැවින්. ඒ අනුව බලන කල, RLC පරිපථ තමයි ප්‍රායෝගිකව පරිපථවල යෙදිය හැක්කේ (LC පරිපථ නොවේ). ඒ කියන්නේ LC පරිපථ කියා ජාතියක් ප්‍රායෝගිකව සෑදිය නොහැකි වන අතර, එසේ සාදන LC පරිපථ ඉබේම RLC පරිපථ බව සැලකිය යුතුය. LC පරිපථවලට resonant circuit, tank circuit ආදී යෙදූ නම් එලෙසම RLC පරිපථ සඳහාද යෙදිය හැකියි. (ටැන්ක් සර්කිට් යන නම යොදන්නේ ජල ටැංකියක ජලය දෙපැත්තට දෝලනය වීමට විදුලිය ධාරිත්‍රකය හා ප්‍රේරකය අතර දෝලනය වීම උපමා කරමින්ය.)

මෙම පරිපථයේද රියැක්ටිව් උපාංග තිබෙන්නේ දෙකක් පමණක් බැවින් (ප්‍රතිරෝධකය රියැක්ටිව් උපාංගයක් නොව resistive උපාංගයකි), මෙය තවමත් සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් සර්කිට් එකක් ලෙස සැලකිය හැකියි.

ඇත්තටම ප්‍රතිරෝධකයක් යෙදීම නිසා පරිපථය තරමක් සංකීර්ණ ස්වභාවයක් ගන්නවා, මොකද මෙම ප්‍රතිරෝධකය LC පරිපථයේ විවිධ ස්ථානවලට යෙදිය හැකියි. උපාංග දෙකක් පමණක් ඇති විට, එක්කෝ ඒ දෙක ශ්‍රේණිගතව නැතිනම් සමාන්තරගතව පමණයි සම්බන්ධ කළ හැකි වන්නේ. එහෙත් උපාංග තුනක් ඇති විට එය මූලික වශයෙන් 7 ආකාරයකින් සම්බන්ධ කළ හැකියි.



රෙසිස්ටරය ඇති නිසා ඔබ ඉහත භාවිතා කළ ලස්සන සූත්‍රය (f = 1/2π√(LC) ) එලෙසම ඉහත සමහර අවස්ථාවල යෙදිය නොහැකියි අනුනාද සංඛ්‍යාතය සෙවීමට, මොකද ප්‍රතිරෝධකයෙ බලපෑමෙන් අනුනාද සංඛ්‍යාතය වෙනස් වේ. ප්‍රතිරෝධකයේ බලපෑම නිසා අනුනාද සංඛ්‍යාතය වෙනස් වීම anti-resonance යනුවෙන් හැඳින්විය හැකියි. ඇත්තටම ප්‍රතිරෝධයේ අගය ඉතාම කුඩා නම්, දළ වශයෙන් එය LC පරිපථයක් ලෙසම සැලකීමේ පුරුද්දක්ද පරිපථ නිර්මාණය කරන අය අතර තිබෙනවා. එවිට, ඉහත සූත්‍රයත් එලෙසම යෙදිය හැකියි. මෙය පහසුව පිණිස කරන වැඩක්.

ඉහත ආකාර 7 ම ඔබට මෙතෙක් උගත් ක්‍රමවේද අනුගමනය කරමින් විග්‍රහ කළ හැකියි. මින් උපාංග තුනම එකිනෙකට ශ්‍රේණිගතව පවතින "ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථය" මුලින්ම සලකමු (ඉහත a ලෙස දක්වා ඇති පහසුවෙන්ම විග්‍රහ කළ හැකි පරිපථය).

උපාංග තුන හරහාම යන්නේ එකම ධාරාවයි. තවද, එක් එක් උපාංගය දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයන්ගේ දෛශික එකතුව භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවට සමාන වේ. සුපුරුදු ලෙසම ධාරිත්‍රක වෝල්ටියතාව හා ප්‍රේරක වෝල්ටියතාව අතර අංශක 180 ක කලා වෙනසක් ඇත (මෙම කලා වෙනස එම උපාංග දෙකෙහි ප්‍රතිබාදක දෙක අතරද පවතී). එනිසා පෙර උගත් ලෙසම මෙම උපාංග දෙකෙහි ප්‍රතිබාධක වෙනස පළමුවෙන්ම ගත යුතුය (එවිට එය කැපැසිටිව් හෝ ඉන්ඩක්ටිව් හෝ රිසෝනන්ට් අවස්ථා තුනෙන් එකක පවතී). ඉන්පසු මෙම සමක ප්‍රතිබාදකය ප්‍රතිරෝධය සමග ශ්‍රේණිගතව පවතින බැවින් සාමාන්‍ය දෛශික ආකලනය මඟින් අවසන් සම්බාදක අගය ලැබේ.

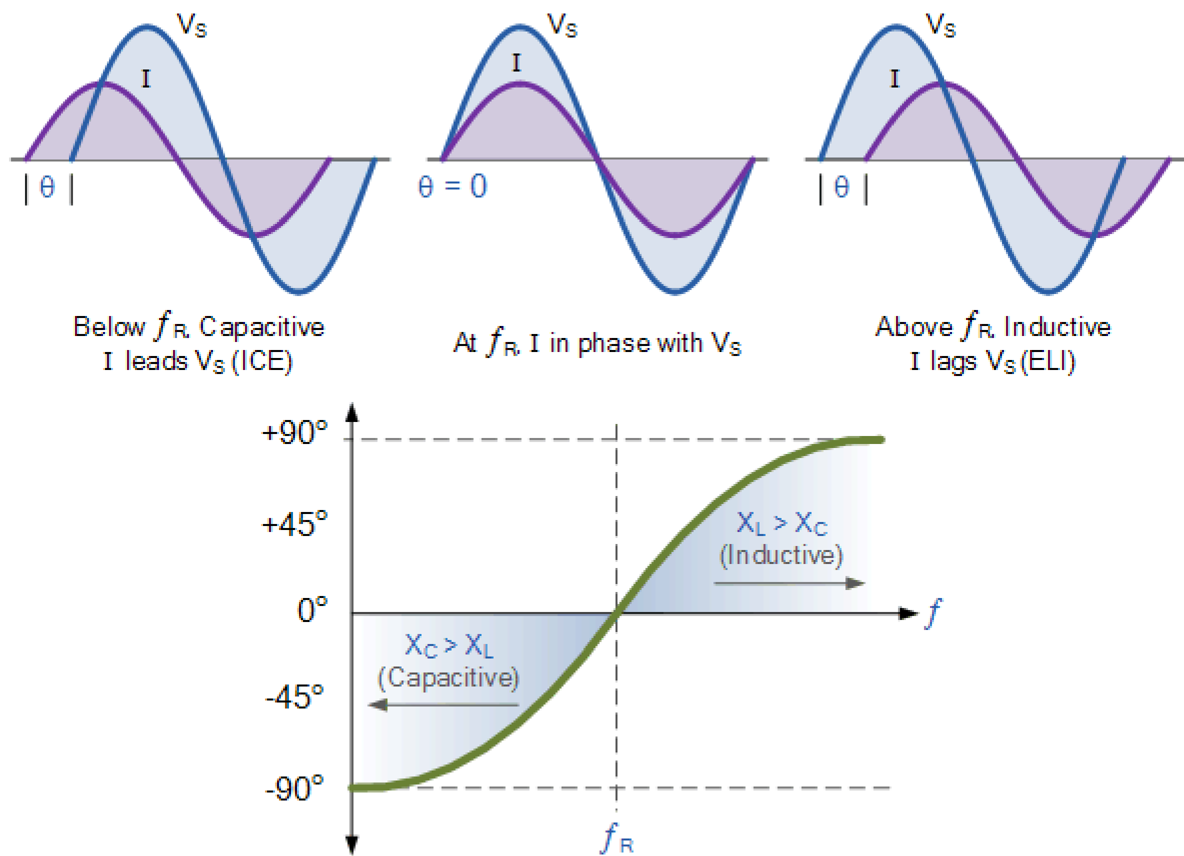
$$X_T = X_L \sim X_C$$
$$Z^2 = X_T^2 + R^2$$

ඉහත අවසන් සූත්‍රය අනුව, අනුනාදී අවස්ථාවේදී ප්‍රතිබාදක අගයන් දෙක සමාන වීම නිසා, $X_T$ අගය 0 වෙන විට, සම්බාදක අගය (Z) ප්‍රතිරෝධකයේ අගයට (R) සමාන වේ. එනම්,

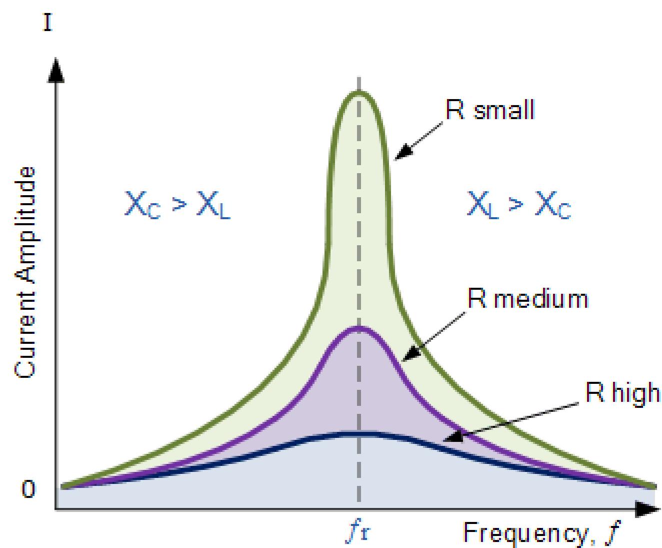
$Z^2 = X_T^2 + R^2 \rightarrow Z^2 = 0 + R^2 \rightarrow Z^2 = R^2 \rightarrow Z = R$

එමනිසා, RLC පරිපථයකදී අනුනාද අවස්ථාව resistive අවස්ථාව ලෙසද හැඳින්වේ. තවද මෙම පරිපථයේ අනුනාදය සොයන සූත්‍රය (සුපුරුදු සූත්‍රයට වඩා) වෙනස් නොවේ. ශ්‍රේණිගත LC පරිපථයේදී අනුනාද අවස්ථාවේ ඇති වූ ශූන්‍ය සම්බාදක අගය වෙනුවට, මෙම පරිපථයේදී සම්බාදක අගය යොදපු ප්‍රතිරෝධකයේ අගයට සමාන වේ. ඉහත සූත්‍රාකාරයෙන් පෙන්වා ඇති පියවර දෙක අනුගමනය කළ පසු ලැබෙන සම්භාදක අගයෙන් සැපයුම් විභවය බෙදූ විට ගලා යන ධාරාව සෙවිය හැකියි. ඉන්පසු එම ධාරාවෙන් එක් එක් උපාංගයේ ප්‍රතිරෝධය හා ප්‍රතිබාදක ගුණ කිරීමෙන් ඒ ඒ උපාංගවල දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයන් වෙන වෙනම සෙවිය හැකියි. $\tan^{-1}(X_T/R)$ සූත්‍රයෙන් සැපයුම් විභවය හා ධාරාව අතර පවතින කලා කෝණය ලැබේ.

අනුනාද අවස්ථාවේදී $X_T = 0$ නිසා, කලා කෝණය 0 වේ. ඒ කියන්නේ අනුනාද අවස්ථාවේදී වෝල්ටියතාව හා ධාරාව සමකලාවේ පවතී. මෙවිට පරිපථයේ සම්භාදකය අගය එහි ප්‍රතිරෝධ අගයට සමාන වේ (Z = R). ඒ කියන්නේ පරිපථයේ සැපයුම් විභවය ප්‍රතිරෝධයෙන් බෙදූ විට පරිපථයේ ධාරාව ලැබේ (අනුනාද අවස්ථාවේදී). අනුනාද අවස්ථාවේදී ගලන ධාරාව තමයි එම පරිපථයේ පැවතිය හැකි උපරිම ධාරාව ($I_{max}$).එහෙත් ඉන්ඩක්ටිව් විට, සුපුරුදු ලෙසම ධාරාවට වඩා ඉදිරියෙන් වෝල්ටියතාව ගමන් කරයි; කැපැසිටිව් විට, වෝල්ටියතාවට ඉදිරියෙන් ධාරාව ගමන් කරයි. පහත රූපයේ මේ සියල්ල පැහැදිලිව පෙනේ.




යොදන ප්‍රතිරෝධකයේ අගය සංඛ්‍යාත වක්‍රයේ බෑවුම වෙනස් කරනවා. ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධක අගය වැඩි වන විට, බෑවුම අඩු වී බෑන්ඩ්විත් එක පුලුල් වෙනවා.




## LRC පරිපථයක Q සාධකය

කැප් එක සඳහා Q අගයක් මීට පෙර අර්ථ දැක්වූවා මතකද? මෙවැනි RLC පරිපථයක් සඳහාත් Q factor

ලෙස හැඳින්වෙන අගයක් අර්ථ දැක්විය හැකියි. ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථයක් සඳහා, අනුනාද සංඛ්‍යාතයේදී වෝල්ටියතාවේ සිදුවන වැඩිවීම (voltage magnification/amplification) තමයි කිව් සාධකය ලෙස අර්ථ දක්වා තිබෙන්නේ. ඊට හේතුව මෙයයි. අනුනාද අවස්ථාවේදි කැප් එක හා ඉන්ඩක්ටරය දෙපස වෙන වෙනම ඩ්‍රොප් වන විභවයන් දෙක නිකංම එකතු කළ විට, එය සැපයුම් විභවයට වඩා වැඩිය (ඒ දෙකේ සම්ප්‍රයුක්තය තමයි සැපයුම් විභවයට සමාන වන්නේ). මීට හේතුව අනුනාද අවස්ථාවේදී ගලන ධාරාව අධික වීමයි. එම අධික ධාරාව එක් එක් උපාංගය හරහා යැමේදී සරල ඕම් නියමය අනුව විශාල විභවයන් ඩ්‍රොප් වෙනවා. අනුනාද අවස්ථාවේදී පරිපථයේ මුලු ධාරාව හා එක් එක් උපාංග දෙපස ඩ්‍රොප්වන විභවයන් පහත ආකාරයට සෙවිය හැකියි.

උපරිම ධාරාව ($I_{max}$) = (සැපයුම් වෝල්ටියතාව, V)/(ප්‍රතිරෝධය, R)

කැප් වෝල්ටියතාව ($V_C$) = (කැප් එකේ ප්‍රතිබාදකය, $X_C$)x(ධාරාව, $I_{max}$)

කොයිලයේ වෝල්ටියතාව ($V_L$) = (කොයිලයේ ප්‍රතිබාදකය, $X_L$)x(ධාරාව, $I_{max}$)

ඒ අනුව පහත ආකාරයට කිව් සාධකය ගණනය කළ හැකියි.

$$Q\,factor = \frac{V_L}{V_R} \quad \text{or} \quad Q\,factor = \frac{V_C}{V_R}$$

$$Q\,factor = \frac{I.X_L}{I.R} \quad \text{or} \quad Q\,factor = \frac{I.X_C}{I.R}$$

$$Q\,factor = \frac{X_L}{R} \quad \text{or} \quad Q\,factor = \frac{X_C}{R}$$

$$Q\,factor = \frac{2\pi fL}{R} \quad \text{or} \quad Q\,factor = \frac{1}{2\pi fCR}$$

$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ යන්න ඉහත $f$ සඳහා ආදේශ කිරීමෙන්,

$$Q\,factor = \frac{1}{R}\left(\sqrt{\frac{L}{C}}\right)$$

මේ අනුව කිව් සාධකය ඉහල දැමීමට නම්, පරිපථයේ ප්‍රතිරෝධක අගය පහළ යා යුතුය; කොයිලයේ අගය ඉහල යා යුතුය; කැප් එකේ අගය පහල යා යුතුය.

කිව් සාධකය ඉහල යන විට, සංඛ්‍යාත සටහනේ බෑන්ඩ්විත් එක තවත් පටු වේ. ඒ කියන්නේ ඉතාම සිහින් සංඛ්‍යාත පරාසයක් පමණක් ඉතිරි කර අනෙක් ඒවා ෆිල්ටර් කර දමනවා. මෙය ඉතා වැදගත් වන අවස්ථා තිබෙනවා.

ඔබ ටීවී හෝ රේඩියෝ හෝ චැනල් එකක් ටියුන් කරන විට කරන්නේ මෙය නේද? රේඩියෝ හෝ ටීවී එකට විවිධ ගුවන්විදුලි/ටීවී සේවාවල (stations) සංඛ්‍යාතයන් පැමිණේ. එම සංඛ්‍යාත අතරින් ඔබ ටියුන් කරන (තෝරන) චැනල් එකේ පටු සංඛ්‍යාත පරාසය පමණක් තෝරා ගැනීමට මෙවැනි පරිපථ අනිවාර්යෙන්ම භාවිතා වෙනවා ටීවී/රේඩියෝ තුල.

ඒ කියන්නේ මෙවැනි පරිපථයකින් පුලුවන් ඇතුලු වන සංඛ්‍යාත පරාසයකින් ඉතා කුඩා සංඛ්‍යාත පරාසයක් පමණක් තෝරා ගන්නට. එම අරුතින් මෙවැනි RLC පරිපථ කොටස් Acceptor circuit ("ග්‍රාහක පරිපථ") ලෙසද හැඳින් වෙනවා. සංඛ්‍යාත පරාසයකින් ඉතා තුනී සංඛ්‍යාත පරාසයක් පමණක් තෝරා ගැනීමේ හැකියාව selectivity (තෝරා ගැනීමේ හැකියාව) ලෙස හැඳින් වෙනවා. ඒ අනුව කිව්

අගය වැඩිවන විට, පරිපථයේ සිලෙක්ටිවිටි එකද වැඩි වෙනවා.

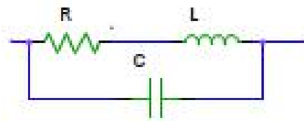
මේ විස්තර දැනගත් පසු මෙවැනි ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථයක් එක්තරා විදියක බෑන්ඩ්පාස් ෆිල්ටරයක් විදියට සැලකිය හැකි නේද?

ප්‍රතිරෝධක අගය වැඩි වන විට සිලෙක්ටිවිටි එක අඩු වෙනවා. ඒ කියන්නේ පටු සංඛ්‍යාත කලාපය පුළුල් වෙනවා. ඉහත රූපයේ එය පැහැදිලිව පෙනුනා.

ඒ කියන්නේ කිව් ෆැක්ටර් එක හා බෑන්ඩ්විත් එක අතර සම්බන්ධතාවක් ඉන් ගම්‍ය වෙනවා. ඒ අනුව පහත සූත්‍රය ලැබේ.

## බෑන්ඩ්විත් = (අනුනාද සංඛ්‍යාතය (හර්ට්ස්වලින්))/(Q factor)

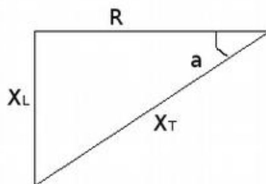
පැහැදිලිවම ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථය කියා ඉහත පරිපථය හැඳින්විය හැකි වුවත්, සමාන්තරගත පරිපථ වර්ග කිහිපයක්ම ඇත. ඉන් බහුලවම භාවිතා කෙරෙන්නේ පහත දැක්වෙන සමාන්තරගත RLC පරිපථයයි. ඇත්තෙන්ම පරිපථය කුමන ස්වරූපයෙන් තිබුණත් පියවරෙන් පියවර ගණනය කර යම් ප්‍රයෝජනවත් තැනකින් කෙළවර කළ හැකියි. මෙහි ප්‍රතිරෝධකය ප්‍රේරකය සමග ශ්‍රේණිගතව පවතින අතර, එම R-L කොටස කැප් එක සමග සමාන්තරගතව පවතී.




මෙහි ධාරිත්‍රක ශාඛාව (branch) හරහා $I_C$ ධාරාවද, ප්‍රතිරෝධක-ප්‍රේරක ශාඛාව හරහා සම්ප්‍රයුක්ත $I_T$ ධාරාවද ගමන් කරයි. මෙම ශාඛා දෙකෙහිම දෙපස ඇත්තේ එකම පොදු වෝල්ටියතාවයි; එය භාහිර සැපයුම් වෝල්ටියතාවයි. කුමන හෝ RLC පරිපථයක අනුනාද අවස්ථාවේදී ප්‍රතිබාදක දෙක සමාන වේ. පළමුවෙන්ම ශ්‍රේණිගත ප්‍රතිරෝධකයේ හා ප්‍රේරකයේ සමක සම්බාදකය සොයන්න $X_T^2 = R^2 + X_L^2$ සූත්‍රය ඇසුරින්.

### Impedance triangle

ඉහත විස්තරය චිත්‍රමය ස්වරූපයෙන් පහත ආකාරයට දැක්විය හැකියි.




සමක සම්බාදක/ප්‍රතිබාදක/ප්‍රතිරෝධක සෙවීමට අදින මෙවැනි ත්‍රිකෝණ impedance triangle (සම්බාදක ත්‍රිකෝණය) යනුවෙන්ද හැඳින්වෙනවා. මෙයත් එක්තරා විදියක ෆේසර් ඩයග්‍රැම් එකක්. එහෙත් ඉම්පීඩන්ස් ත්‍රිකෝණයේ තිබෙන රේඛාවලින් සම්බාදක/ප්‍රතිබාදක/ප්‍රතිරෝධක පමණයි දක්වන්නේ; ධාරාවන් හා වෝල්ටියතාවන් මෙහි දක්වන්නේ නැත. ඇඳීමේදී දිගටම එක්කෝ

වෝල්ටියතාව නැතහොත් ධාරාව පමණක් <u>පදනම් කරගෙන</u> ඒවා අඳින්න.

මෙතැන් සිට අපි වෝල්ටියතාව පදනම් කරගෙන බලමු. උදාහරණයක් ලෙස, ඔබ දන්නවා ප්‍රතිරෝධකයක් හරහා ගලන ධාරාව හා වෝල්ටියතාව අතර කලා වෙනසක් නොමැති බව. එනිසා සාමාන්‍යයෙන් ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකක එකම දිශාවට (එනම් එකම රේඛාව මත) මේ දෙකම අඳිනවා. <u>නිකමට හරි</u> ප්‍රතිරෝධකයේ ප්‍රතිරෝධ අගයත් එම ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකේ ඇන්දොත් එය ඇඳිය යුත්තේ කෙසේද? එය ඇඳිය යුත්තේ එහි වෝල්ටියතාව පවතින දිශාවටයි (එහෙත් සාමාන්‍යයෙන් ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකක අඳින්නේ වෝල්ටියතාවන් හා ධාරාවන් පමණි). ඒ කියන්නේ ප්‍රතිරෝධකයක් සම්බන්ධයෙන් ගත් විට, ධාරාව, වෝල්ටියතාව, හා ප්‍රතිරෝධකය යන තුනම අඳින්නේ එකම දිශාවටයි (එකම රේඛාව මතයි).

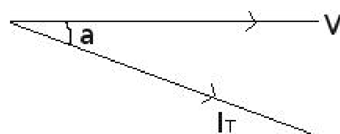
දැන් මේ ලෙසටම ධාරිත්‍රකයක් සලකමු. එහිදී වෝල්ටියතාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් ධාරාව ගමන් කරයි. එනිසා ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකකදී, වෝල්ටියතාව තිරස්ව වමේ සිට දකුණට යන රේඛාවකින් දැක්කුවොත් ධාරාව ඊට ලම්භකව සිරස්ව උඩට අඳින බව ඔබ දන්නවා. <u>නිකමට හෝ</u> ධාරිත්‍රක ප්‍රතිබාදකය මෙහි අඳින්නට සිදු වුවොත් එය අඳින්නේ වෝල්ටියතා රේඛාව මතයි.

මෙන්න මෙය තමයි මා සඳහන් කළේ සම්බාදක/ප්‍රතිබාදක/ප්‍රතිරෝධක අඳින්නේ වෝල්ටියතාව පදනම් කරගෙන බව (ධාරාව පදනම් කර ගත් විට, ධාරාව පවතින දිශාවට ඒවා අඳින්න; එහෙත් එක උපාංගයක ප්‍රතිබාදකය ධාරාව පවතින දිශාවටත්, තවත් උපාංගයක ප්‍රතිබාදකය වෝල්ටියතාව පවතින දිශාවටත් ආදී වශයෙන් මිශ්‍ර ක්‍රමයට එය කළ නොහැකියි).

ඒ අනුව ඉහත ඉම්පීඩන්ස් ත්‍රිකෝණය විග්‍රහ කරන්න. ප්‍රතිරෝධක ධාරාව හා ප්‍රේරක ධාරාව දෙකම එකය (එකම කලාවේ). ප්‍රතිරෝධක වෝල්ටියතාව ප්‍රතිරෝධක ධාරාව සමග සමකලාවේ පවතින නිසා, මෙම තුනම එකම රේඛාව මත ඇඳිය හැකියිනෙ. ඒ අනුව ප්‍රතිරෝධක අගයද ප්‍රතිරෝධක වෝල්ටියතාව ඔස්සේම පවතින බව සැලකිය හැකියි. එහෙත් ප්‍රේරක වෝල්ටියතාව එම ධාරාවට වඩා අංශක 90 ක් ඉදිරියෙන් සිටී. ඒ කියන්නේ ප්‍රේරක ප්‍රතිබාදකයත් තිබෙන්නේ මෙම වෝල්ටියතාව දිගේය. මේ ආකාරයටයි ඉහත ඉම්පීඩන්ස් ත්‍රිකෝණය ලැබුණේ.

දැන් සමාන්තරගත RLC පරිපථය දෙසට නැවත හැරෙමු. ශ්‍රේණිගත පරිපථවලදී ගණනය කිරීම්වලට මූලිකව පදනම් කරගත්තේ වෝල්ටියතාව වුවද, සමාන්තරගත පරිපථවලදී ධාරාව යොදා ගැනීම ගණනය කිරීම්වලට පහසුවකි.

ඒ අනුව මෙම අවස්ථාවේදී ධාරාවන් සලකා බලමු (සමාන්තරගත අවස්ථාවක් නිසා). සැපයුම් වෝල්ටියතාව සමග ප්‍රතිරෝධක-ප්‍රේරක ශාඛාව හරහා යන ධාරාව ($I_T$) පෙන්වන ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එක පහත දැක්වේ. මෙහි $I_T$ ධාරාව යනු ප්‍රේරකය හරහා යන ධාරාව වුවත් ප්‍රතිරෝධකය හරහාද එය ගමන් කරන නිසා (සම්ප්‍රයුක්ත ධාරාව ලෙස එය ගණනය කෙරෙන හෙයින්), එහි කලා කෝණය විභවයට වඩා හරියටම අංශක 90 ක් පිටුපසින් ගමන් කරන ලෙස තැබිය නොහැකියි. රූපයේ පෙන්වා තිබෙන පරිදි යම් කලා කෝණයකින් පිටුපසින් ගමන් කරයි. මෙය තවදුරටත් පැහැදිලි වීමට පහතින් ඇඳ ඇත.



**සටහන**

ඇත්තෙන්ම කලා වෙනසේ බලපෑම තිබෙන්නේ ශ්‍රේණිගත සම්බන්ධතාවකදී විභවයට හා සමාන්තරගත සම්බන්ධතාවකදී ධාරාවටයි. මෙම තීරණයට එළඹීමට පහසුය. බලන්න ස්වාධීනව වෙන් වෙන්ව පැවතිය හැකි අවස්ථාව ධාරාවද නැතහොත් විභවයද කියා. සමාන්තරගත අවස්ථාවේදී ශාඛා දෙකෙහිම තිබෙන්නේ එකම පොදු විභවය නිසා විභවය ස්වාධීන නොවන අතර, වෙනස් වෙනස් ධාරාවන් ශාඛා දෙකෙහිම පැවතිය හැකියි. එලෙසම, ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවේදී ඇත්තේ එකම ධාරා ගමන් මාර්ගයකි (ශාඛාවකි). එනිසා ධාරාව ස්වාධීන නොවේ. එහෙත් උපාංග දෙකෙහි දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවයන් වෙනස් අගයන් ගත හැකියි.

තවද, ධාරාවේ හෝ විභවයෙහි පවතින කලා වෙනස ප්‍රතිබාදකය/සම්බාදකය/ප්‍රතිරෝධකයට විතැන් කළ හැකියි. මෙය සාමාන්‍ය ජීවිතයේත් මිනිසුන් විසින්ද කරන (ජඩ) වැඩක්; තමන් වැරදි කර එය වෙනත් අයගේ පිටින් යවනවා. ගණිතය අනුසාරයෙන් විද්‍යා හා තාක්ෂණය තුළ අපට මෙලෙස "එක් ගතිගුණයක බලපෑම" ඊටම ඇඳුණු තවත් ගතිගුණයක බලපෑමක් බවට පත් කළ හැකියි (එහෙත් මෙහිදී නම් එය ‘‘හොඳ’’ වැඩක්). උදාහරණයක් ලෙස සාපේක්ෂ චලිත ප්‍රශ්නවලදී වස්තූන් කිහිපයක් එකිනෙකට සාපේක්ෂව චලනය වන විට, එක් වස්තුවක් නිශ්චල කර ඊට සාපේක්ෂව අනෙක් චලනයන් නිරීක්ෂණය කළ හැකියි. ඔබ පොලොවෙ සිට අහසේ පිහිටි ආකාශ වස්තූන් නිරීක්ෂණය කරන විට සිදු කරන්නේ එයයි. පොලොව වේගයෙන් තමන් වටා තත්පරයට මීටර් 500 ක පමණ වේගයකිනුත්, සූර්යා වටා තත්පරයට කිලෝමීටර් 30 ක පමණ වේගයකිනුත් චලනය වෙනවා. එලෙසම වෙනත් ආකාශ වස්තූන්ද චලනය වෙනවා. එහෙත් ඔබ කරන්නේ පොලොව නිශ්චලව පවතිනවා යැයි සිතා එම පොලොවේ චලනයත් අනෙක් ආකාශ වස්තූන්ට ආරූඪ කිරීමයි. මෙහිදී චලනය වන පොලොව "හරි දැන් එය නිශ්චලයි" කියා කීවාට පමණක් මදි. පෙලොවේ තිබූ චලනය අනෙක් වස්තූන්ට සුදුසු පරිදි ආදේශ කළ යුතු වෙනවා. ඒ අනුව ඔබට පේනවා (සාපේක්ෂව නිශ්චලව තිබූ) සූර්යා පවා පොලොව වටා ගමන් කරන බව. නිශ්චලව සිටි සූර්යා ගමන් කරනවා වගේ පෙනුනේ පොලොවේ චලනය ඊට යොමු කිරීම නිසාය. ගණිතයට පිං සිදු වන්නට මෙවැනි හපන්කම් ඉතාම පහසුවෙන් සිදු කර ගණනය කිරීම් සරල කරගත හැකියි.

ඕම් නියමය අනුව ඕනෑම ක්ෂණයකදී වෝල්ටියතාව, ධාරාව, ප්‍රතිරෝධකය/ප්‍රතිබාදකය/සම්බාදකය අතර අවියෝජනීය සම්බන්ධතාව පවතී. ඒ කියන්නේ අවශ්‍ය නම්, ඉහත පැහැදිලි කළ පරිදි ඒ ඒ උපාංගවල විභවයේ හෝ ධාරාවේ ඇතිවන වෙනස්කම් අදාල උපාංගයෙහිම සම්බාදකයේ ඇතිවන වෙනස්කම් ලෙසද නිරූපණය කිරීමේ හැකියාවක් පවතිනවා. ඒ කියන්නේ යම් ධාරිත්‍රකයක (තවත් උපාංගයක් සමග) ඇති කලා වෙනස, එම ධාරිත්‍රකයේම ප්‍රතිබාදකයට විතැන්/ආරූඪ කළ හැකියි.

එහෙත් මතක තබා ගන්න මෙලෙස කළ හැක්කේ එක් වරයි. ඒ කියන්නේ ගණනය කිරීමේදි දැනටමත් සම්බාදකයට එම බලපෑම ආරූඪ කර ඇත්නම්, එම වෙනස්කම අදාල විභවයේ හෝ ධාරාවේ තවදුරටත් නොපවතී. එය හරියට තමන් සතුව තිබෙන වාහනයක් (කාර් එක හෝ බයිසිකලය) තමන්ට සම්බන්ධ/හඳුනන වෙනත් කෙනෙකුට දුන් විට, තමන්ට එම කාලය තුළ එම වාහනය භාවිතා කරන්නට නොහැකි වෙනවා වැනි වැඩක්.

මෙතෙක් අප කථා කළ LR, CR, LC, LRC ආදී සියලු පරිපථවලදී, ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවන්වල $Z^2 = X_1^2 + X_2^2$ (පොදු සූත්‍රයක් ලෙස) යන සූත්‍රයද, සමාන්තරගත අවස්ථාවන්වල $1/Z^2 = 1/X_1^2 + 1/X_2^2$ යන සූත්‍රයද ඇත්තටම සකස් කර ඇත්තේ ඉහත කතා කළ කාරණය මතයි. අධ්‍යනය පිණිස මෙය තවදුරටත් සොයා බලමු.

ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවක් ගන්න. විභවය මුල් කොටගෙන ගණනය කිරීම ආරම්භ වේ. ඒ අනුව,

$V^2 = V_1^2 + V_2^2$

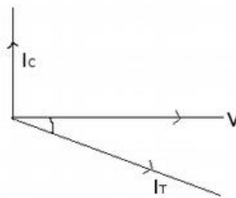
$I^2Z^2 = I^2X_1^2 + I^2X_2^2 \rightarrow Z^2 = X_1^2 + X_2^2$

එලෙසම සමාන්තරගත අවස්ථාවක් ගන්න. ධාරාව මුල් කොටගෙන ගණනය කිරීම ආරම්භ වේ. ඒ අනුව,

$I^2 = I_1^2 + I_2^2$

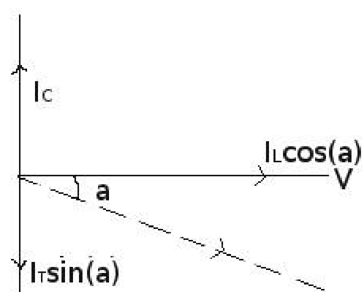
$V^2/Z^2 = V^2/X_1^2 + V^2/X_2^2 \rightarrow 1/Z^2 = 1/X_1^2 + 1/X_2^2$

එම ඩයග්‍රෑම් එකේම ධාරිත්‍රක ශාඛාව හරහා යන ධාරාව ($I_C$) පහත ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකේ ඇඳ ඇත.




ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථයකදී අනුනාද අවස්ථාවේදී කැප් එකේ දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවය හා කොයිලයේ දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභවය සමාන වන ලෙසම, සමාන්තරගත RLC පරිපථයකදී අනුනාද අවස්ථාවේදි කැප් එක හරහා යන ධාරාව හා කොයිලය හරහා යන ධාරාව සමාන වේ. ඒ අනුව, අප දැන් සලකා බලන්නේ ධාරාවන් බැවින්, අනුනාද අවස්ථවේදී එම ධාරාවන් දෙක සමාන කරමු. ඉහත ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එකේ පෙනෙන පරිදි $I_T$ පිහිටන්නේ $I_C$ ට අංශක 180 ක වෙනසක් සහිතව නොවේ. එහෙත් අප $I_C = I_L$ ලෙස සලකන විට හැමවිටම ගත යුත්තේ අංශක 180 ක කලා වෙනසක් සහිත ධාරා දෙකකි. එවිට ත්‍රිකෝණමිතිය යොදාගෙන, $I_T\sin(a)$ ආකාරයට සත්‍ය වශයෙන්ම ලැබෙන සූත්‍රය ලිවිය හැකියි. තවද, මෙම $I_T\sin(a)$ ධාරාවද සහිතව ඩයග්‍රෑම් එක නැවත අඳිමු. මෙහිදී $I_T$ ධාරාව වෙනුවට එහි x හා y අක්ෂ දෙක ඔස්සේ විභේදනය කරපු ධාරාවන් දැක්වේ ($I_T$ කඩ ඉරකින් දැක්වේ).

$I_C = I_T\sin(a)$




එහෙත්, $I_T = V/X_T$ ද, $Ic = V/X_C$ ද, (ඉහත ඉම්පීඩන්ස් ත්‍රිකෝණය අනුව) $\sin(a) = X_L/X_T$ ද වේ. එවිට,

$$I_C = I_L \sin(a)$$

$$\frac{V}{X_T} \cdot \frac{X_L}{X_T} = \frac{V}{X_C}$$

$$(X_L).(X_C) = X_T^2$$

$$(2\pi fL).(\frac{1}{2\pi fC}) = X_T^2$$

$$\frac{L}{C} = X_T^2$$

$$\frac{L}{C} = R^2 + X_L^2$$

$$\frac{L}{C} = R^2 + (2\pi f_O L)^2$$

$$2\pi f_O = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$\boldsymbol{f_O = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}}$$

කෙසේ හෝ වේවා අනුනාද සංඛ්‍යාතය සොයන සුපුරුදු සූත්‍රය මින් ඔබට නොලැබී, ඒ වෙනුවට තරමක් වෙනස් වූ සූත්‍රයක් ලැබේ. ඒ කියන්නේ එම සංඛ්‍යාතය වෙනස් වන බවයි. සමහර පරිපථවල සංඛ්‍යාතය තව ටිකක් වැඩි වන අතර, සමහර පරිපථවල සංඛ්‍යාතය තව ටිකක් අඩුවනු ඇත. ඉහත අවස්ථාවේදී අනුනාද සංඛ්‍යාතය ටිකක් අඩු වී ඇත. තවද, ප්‍රතිරෝධක අගය ඉතා කුඩා නම් ඉහත අවසන් සූත්‍රයේ $R^2/L^2$ යන කොටස අහෝසි වී, සුපුරුදු සරල සූත්‍රය බවට එය පත් වෙනවා නේද?

මේ ආකාරයට ඔබට හැකියි අනෙක් RLC පරිපථ ගැනත් විග්‍රහ කරන්නට.

ඉහත ෆේසර් ඩයග්‍රෑම් එක බැලූ විට, අනුනාද අවස්ථාවේදී පරිපථයේ මුලු ධාරාව කොපමණද? $I_C = I_T\sin(a)$ නිසා, ඉතිරි වන්නේ $I_T\cos(a)$ පමණි. ඒ කියන්නේ අනුනාද අවස්ථාව යනු පැරලල් RLC පරිපථයක අවම ධාරාව ගමන් කරන මොහොත නිසා, $I_T\cos(a)$ යනු පරිපථයේ අවම ධාරාව වේ.

$I_{min} = I_T\cos(a) = (V/X_T).(R/X_T) = RV/X_T^2$ $(I_T = V/X_T$ හා $\cos(a) = R/X_T$ නිසා)

$$I_{min} = \frac{VR}{(L/C)} \quad (Z^2 = L/C \text{ නිසා})$$

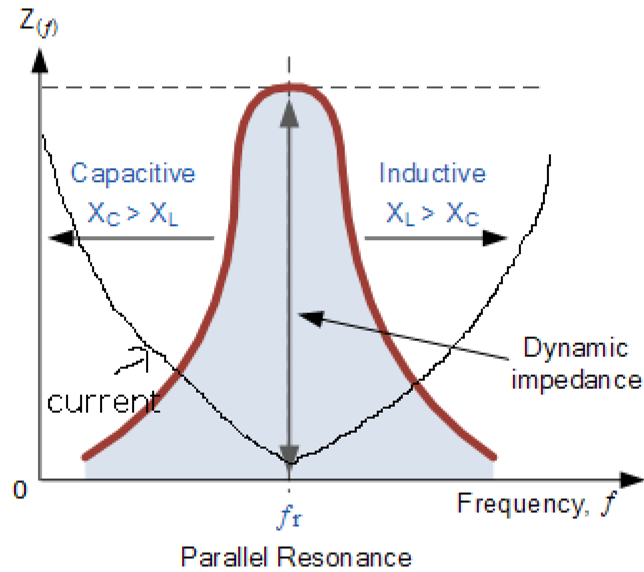
$$\boldsymbol{I_{min} = \frac{VRC}{L}}$$

පැරලල් RCL පරිපථයක්ද ෆිල්ටරයකි. මෙහිදී අනුනාද සංඛ්‍යාතයේදී සම්බාදක අගය අනන්තය දක්වා යන නිසා (එනම් ධාරාව ඉතාම අඩුවන නිසා), එම සංඛ්‍යාත පරාසය කැපී යයි (ෆිල්ටර් වේ). එනිසා මෙය නොච් ෆිල්ටරයක් ලෙස භාවිතා කළ හැකියි.

තෝරාගත් සංඛ්‍යාත කලාපයක් ප්‍රතික්ෂේප කරන නිසාම මෙම පරිපථය rejector circuit (ප්‍රතික්ෂේප කරන පරිපථය) ලෙස හැඳින්වෙනවා.

සමාන්තරගත RLC පරිපථ වර්ග කිහිපයක් පවතින බැවින්, අනුනාද සංඛ්‍යාතය එහා මෙහා වූවාට දළ වශයෙන් ෆ්‍රීක්වන්සි රෙස්පොන්ස් එක (සංඛ්‍යාත පරාසයේ වෙනස්වීම) සමානය. සමාන්තරගත

පරිපථයක සංඛ්‍යාතය අනුව සංඥාව හැසිරෙන අයුරු (ෆ්‍රීක්වන්සි රෙස්පොන්ස් එක) පහත රූපයෙන් දැක්වේ.



Parallel Resonance

මෙම පරිපථය සඳහාද කිව් ෆැක්ටර් එක අර්ථ දැක්විය හැකියි. පැරලල් පරිපථයේදී ධාරාව ආශ්‍රයෙන් බොහෝ දේවල් සිදු කරන නිසා, කිව් ෆැක්ටර් එකද ඒ ආශ්‍රයෙන්ම කළ හැකියි.

$$Q\,factor = \frac{I_C}{I_{min}}$$

$$Q\,factor = \frac{\left(V/X_C\right)}{\left(VCR/L\right)}$$

$$Q\,factor = \frac{2\pi f_O L}{R} \qquad \left(=\frac{X_L}{R}\right)$$

$$Q\,factor = \frac{2\pi L}{R} \cdot \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\mathbf{Q\,factor = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}}$$

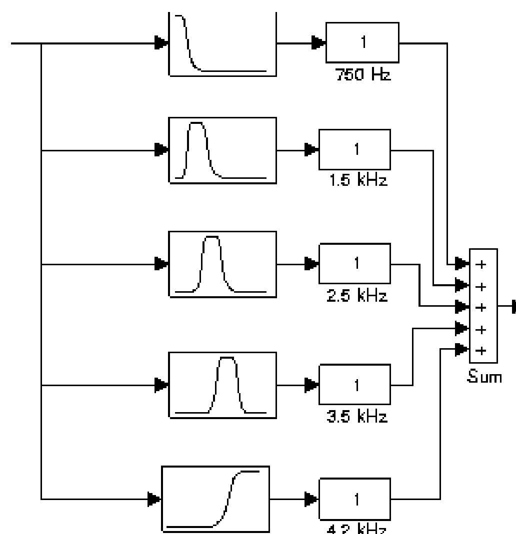
මෙම කිව් ෆැක්ටර් එකත් ශ්‍රේණිගත අවස්ථාවේ ලැබුණු සූත්‍රයටම සමානයි නේද? ඒ විතරක් නොවේ, එම අවස්ථාවේදී කිව් ෆැක්ටර් එක ගැන කියූ විස්තර එලෙසම මෙහිදීද වලංගු වේ. කිව් අගය හා බෑන්ඩ්විත් අතර තිබූ සම්බන්ධතාවද එලෙසම වලංගු වේ.

RLC පරිපථ යොදා ගන්නා අවස්ථා කිහිපයක් ගැන දැන් කෙටියෙන් බලමු. අනුනාද අවස්ථාවේදී අනුනාද සංඛ්‍යාතය සහිත සංඥා කොටස ඉතා විශාල ලෙස වර්ධනයක් කරන නිසා හා අනෙක් සංඛ්‍යාතවලින් යුත් සංඥා විශාල ලෙස හායනය කරන නිසා, ඉන්පුට් කරන සංඥාවේ විවිධ සංඛ්‍යාත අතරින් අපට අවශ්‍ය සංඛ්‍යාතයක් තෝරා ගැනීමට හෙවත් ටියුන් කර ගැනීමට selector සර්කිට් එකක් ලෙස ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථය යොදාගත හැකියි. tuning circuit යනුවෙන්ද එය හැඳින්විය හැකියි. එක් නිශ්චිත සංඛ්‍යාතයක් (හෙවත් ඉතා සිහින් සංඛ්‍යාත පරාසයක්) තෝරා ගැනීම වෙනුවට පුලුල් සංඛ්‍යාත

පරාසයක් තෝරා ගැනීමට අවශ්‍ය වූ විට, RLC හි R අගය වැඩි කිරීමට හැකියි. තවද, සමාන්තරගත RLC පරිපථයක් යෙදූ විට ඉහත ක්‍රියාවලියේ විරුද්ධ දේද සිදු කළ හැකියි. එනම්, තෝරාගත් එක සංඛ්‍යාතයක් හෝ සංඛ්‍යාත පරාසයක් කපා දමා ඉතිරි සංඛ්‍යාතයන් පාස් කළ හැකියි (නොච් ෆිල්ටර්).

ඇත්තටම ඉහත භාවිතය ඉතාම ප්‍රයෝජනවත්ය. සමහරවිට පරිපථයේ ගමන් කරන සංඥා අතරින් යම් සංඛ්‍යාතයකින් හෙබි සංඥාවක් අනෙක් සංඥාවන්ට සාපේක්ෂව ඉතා දුර්වල මට්ටමේ තිබිය හැකියි. ඔබට හැකියි මෙම සංඛ්‍යාතය අනුනාද සංඛ්‍යාතය වන පරිදි පරිපථය සැලසුම් කිරීමට. එවිට, එම දුර්වල සංඥාව ඉතා විශාල වර්ධනයකට ලක් වේ. ඒ කියන්නේ දුර්වල සංඥාවක් වුවද "ඇහිදීමේ" (pick up) හැකියාවක් මෙම පරිපථයට ඇත. ඔබ එදිනෙදා ජීවිතයේ මෙවැනි දේවල් නිතරම සිදු කරනවා. බොහෝ ඝෝෂාවක් සහිත පරිසරයක ඔබ කෙනෙකු සමග කතා කරන හැටි හෝ යමකට සවන් දී ගෙන සිටින හැටි මතක් කර ගන්න. විවිධ ශබ්ද විශාල ගණනක් ඔබට ඇසෙනු ඇති. එහෙත් එම සියලු ශබ්ද අතරින් ඔබට අවශ්‍ය ශබ්දය පමණක් ග්‍රහණය කර ගන්නවා. ඒ කියන්නේ ඔබේ කන (සහ මොලය) කළේ ඉහත සිලෙක්ටර් සර්කිට් එකේ කාර්යක්. එලෙසමයි ඔබේ ඇසත්. විවිධ දේවල් ඔබේ ඇසට පෙනුනත්, ඔබට අවශ්‍ය දේවල් වෙත පමණයි අවධානය යොමු කර ගෙන සිටින්නේ. ඇත්තටම සත්වයකුගේ සියලු ඉන්ද්‍රයන්හි මෙම හැකියාව පවතිනවා. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වල මෙවැනි "සුවිශේෂිව තෝරාගැනීමේ" හැකියාව ලබා ගැනීමට ඉහත වැනි සිලෙක්ටර් පරිපථ යොදා ගන්නවා.

මෙම ලක්ෂණය උපයෝගී කර ගන්නවා audio equalizer සර්කිට්වල. ඊක්වලයිසර් එකට ඇතුලු කරන සංඥාවක් යම් ක්‍රමයකට සංඛ්‍යාත කාණ්ඩ කිහිපයකට බෙදේ. උදාහරණයක් ලෙස හර්ට්ස් 20 සිට 200, 200 සිට 2000, 2000 සිට 20000 දක්වා කාණ්ඩ 3 කට බෙදුවේ යැයි සිතන්න. මෙම කාණ්ඩ තුනෙහිම (දළ වශයෙන්) මධ්‍ය සංඛ්‍යාත වන හර්ට්ස් 100, 1000, 10000 සංඛ්‍යාත තුන අනුනාද සංඛ්‍යාත ලෙස යොදාගත් ශ්‍රේණිගත RLC පරිපථ 3 ක් එකට සම්බන්ධ කරන්න (සර්කිට් ඕවර්ලෝඩිං සිදු නොවන ලෙසට). මෙම පරිපථ කොටස්වල ඇති R විචලනය කර එක් එක් RLC කොටසේ වර්ධනයද වෙනස් කළ හැකියි. මෙය තමයි ඊක්වලයිසර් එකක ක්‍රියාකාරිත්වය. එනම්, ඊට ලැබෙන (සංඛ්‍යාත පරාසයක් තුල විහිදී පවතින) සංඥාවන්හි තෝරාගත් සංඛ්‍යාතයන් වර්ධනය කිරීම ඉන් සිදු වේ. උදාහරණයක් ලෙස ඉහත හර්ට්ස් 100 සහිත කොටස සීරු මාරු කර බෙර ශබ්ද වැනි බේස් ශබ්දයන් අඩු වැඩි කළ හැකියි. ඉහත උදාහරණයට සැලකුවේ කොටස් 3 ක් පමණි. මෙම කොටස් ගණන වැඩි කර (5, 8, හෝ 10 ආදී ලෙස), හොඳ ගුණාත්මක බවක් සහිත ඊක්වලයිසර් සාදා ගත හැකියි.



**සටහන**

## Block diagram

ඉහත ඊක්වලයිසර් එක දක්වා තිබෙන්නේ කැටි සටහනක් (block diagram) ලෙසයි. ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් හා ඉංජිනේරු/තාක්ෂණ ක්ෂේත්‍රයේදී නිතරම කැටි සටහන් භාවිතා කිරීමෙන් පහසුවක් ලැබේ. මෙහිදී යම් පරිපථ කොටසක් (උපපද්ධතියක්) කොටුවක්/ත්‍රිකෝණයක්/වෘත්තයක් වැනි සරල හැඩයකින් දැක්වේ. එම හැඩයට යම් කෙටි නමක්ද ලබා දේ. ඒ කියන්නේ මෙම නමින් කියවෙන ක්‍රියාකාරිත්වය තමයි එම කොටසින් සිදු කරන්නේ. එම පරිපථ කොටසට ඇතුලුවන සංඥා/දේවල් (inputs) මෙන්ම ඉන් පිටවන සංඥා/දේවල් (outputs) ඉරිවලින් දැක්වේ. එම ඉරි තවත් අනෙක් බ්ලොක්වලට සම්බන්ධ කෙරේ. ඒ කියන්නේ එක් බ්ලොක් එකක සිට සිග්නල් ඊට සම්බන්ධිත අනෙක් බ්ලොක්වලට ගමන් කරන බවයි. සාමාන්‍යයෙන් බ්ලොක් ගැන අවබෝධය සහිතව බලන විට, කොහේ සිට කොහාට සිග්නල් යනවාදැයි සිතාගත හැකියි. අවශ්‍ය නම්, තවත් එය පැහැදිලි වනු පිණිස සිග්නල් යන දිශාවට ඊතල යෙදිය හැකියි. විදුලි බලය ලබා දෙන අග්‍ර/වයර් දක්වන්නේද නැත. සමහර කැටිසටහන්වල ඉහත කිසිවක් ගණන් නොගෙන නිකංම ඉරි කෑලි එකකින් හෝ දෙකකින් බ්ලොක් සම්බන්ධ කරද තිබේ. එවිට, ඒ එක් එක් බ්ලොක් අතරේ ගමන් කරන සංඥා මාර්ග ගැන ඔබගේ දැනුමින් සිතාගත යුතුය.

එක්තරා විදියකට මෙය සරල ගැලීම් සටහනක් (flow chart) ලෙසද සැලකිය හැකියි (ගැලීම් සටහන් යනුද යම් ක්‍රියාවලියක් පියවරෙන් පියවර චිත්‍රමය ආකාරයට පෙන්වන සටහනකි; ප්‍රෝග්‍රෑම් කිරීමේදී ෆ්ලෝ චාට් ගැන දැන සිටීම අවශ්‍ය වෙනවා).

පද්ධති (system) යන වචනය තාක්ෂණ ලෝකයේදී නිතරම අසන්නට ලැබෙනවා. පද්ධතියක් යනු "සංරචක හෙවත් කුඩා කොටස් කිහිපයක් එකට එකතු වී යම් නිශ්චිත කාර්යක් කරන ඇටවුමක්/අවස්ථාවක්" ලෙස අර්ථ දැක්විය හැකියි. ඒ අනුව ඔබ ලිවීමට ගන්නා පෑනද පද්ධතියකි මොකද එහි කූර, තීන්ත, බටය, විල්ල ආදී සංරචක කොටස් සියල්ලම පවතින්නේ එම පෑනෙහි ලිවීමේ කාර්ය පවත්වා ගැනීම උදෙසාය. විවිධ පද්ධති වර්ග ඇත.

සංරචක සියල්ලම හෝ බොහෝ ප්‍රමාණයක් යාන්ත්‍රික නම් එවැනි පද්ධතියක් "යාන්ත්‍රික පද්ධතියක්" (mechanical system) ලෙස හැඳින්වෙනවා. සංරචක බොහෝ ප්‍රමාණයක් විදුලිමය නම්, එවැන්නක් විදුලි පද්ධතියක් (electrical system) ලෙසද, සංරචක බොහෝ ප්‍රමාණයක් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග නම්, එවැන්නක් ඉලෙක්ට්‍රොනික් පද්ධතියක් ලෙසද ආදී ලෙස පද්ධති නම් කළ හැකියි. ප්‍රායෝගිකව වර්ථමානයේ බොහෝ පද්ධති ඇත්තටම තවත් පද්ධති රාශියක මිශ්‍රණයකි. ඒ කියන්නේ එවැන්නක් තුළ යාන්ත්‍රික, විදුලි, ඉලෙක්ට්‍රොනික්, පරිගණක ආදී පද්ධති රාශියක ක්‍රියාකාරිත්වයන් මිශ්‍රව ඇත. උදාහරණයක් වශයෙන් කාර් එකක් එවැනි දියුණු පද්ධති රාශියක එකතුවකි. මෙවැනි අවස්ථාවක විශාල පද්ධතිය තුළ තිබෙන කුඩා පද්ධති උපපද්ධති (subsystem) ලෙස හැඳින්වේ.

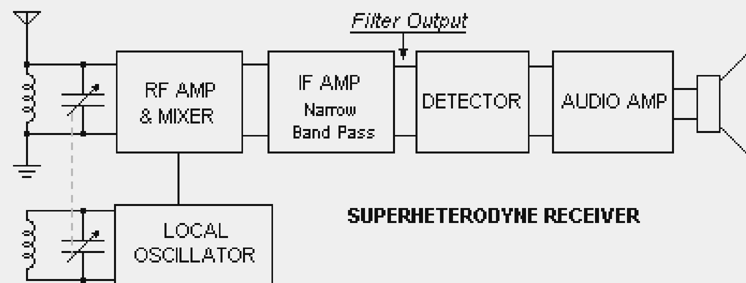
තවද, යම් අවස්ථාවක පද්ධතියක් ලෙස සලකන යමක්ම තවත් අවස්ථාවක විශාල පද්ධතියක් තුළ තිබෙන උපපද්ධතියක් ලෙසද යෙදෙන අවස්ථා ඕන තරම් තිබේ. කැටි සටහන් භාවිතයට පද්ධති සංකල්පයෙන් විශාල පිටිවහලක් ලැබේ.

තවද, කැටි සටහනේ ඇති කොටුව වැනි හැඩයක් අපට කලු පෙට්ටියක් (black box) ලෙසද සැලකිය හැකියි. යම් නිශ්චිත ක්‍රියාවක් (හෝ ක්‍රියාවලියක්) සිදුවන පද්ධතියක් (උපපද්ධතියක්) එහි අභ්‍යන්තරයේ එය සිදු කරන්නේ කෙලෙසද යන්න ගැන කිසිවක් නොදැන එහෙත් එහි අවසන් ප්‍රතිපලය ගැන පමණක් සැලකිල්ලට ගන්නා විට එම දෙය කලු පෙට්ටියක් ලෙස සැලකේ. උදාහරණයක් ලෙස, ටීවී එක ගන්න.

ටීවී එක තුළ විශාල ක්‍රියාවලියක් සිදු වේ. එම ක්‍රියාවලිය නිසා තමයි, ඈත තැනකින් විසුරුවා හරින දර්ශන ඔබට දර්ශනය වන්නේ එහි තිරයෙන්. එහෙත් එම දේ තාක්ෂණිකව සිදුවන හැටි ඔබ නොදන්නවා විය හැකියි. එය නොදැනීම ඔබට එය පාවිච්චි කිරීමට ගැටලුවක්ද නොවේ. ඇන්ටනාව ඊට සවි කර, විදුලි බලය ලබා දී, චැනල් ටික ටියුන් කළාට පසුව, ඔබට එය පාවිච්චි කළ හැකියි. ඒ අනුව බොහෝ දෙනෙකුට ටීවී එක කලු පෙට්ටියකි.

කලු පෙට්ටිය යන වචනය භාවිතයට පැමිණෙන්නේ ගුවන් යානා වලිනි. සෑම ගුවන් යානයකම කලු පෙට්ටිය නම් උපකරණයක් ඇත. එය ඇත්තටම හොඳ ශක්තිමත් ආවරණයකින් වට කරන ලද, ශබ්ද පටිගත කරන උපකරණයක් පමණි. පයිලට් හා පාලක මැදිරි අතර කතා කරන අවසාන විනාඩි ගණනක් එහි නිරන්තරයෙන්ම පටිගත වේ. නිකමට හෝ ප්ලේන් එකක් කඩා වැටුණොත් මෙම කලු පෙට්ටියේ රෙකෝඩ් වෙච්ච පයිලට් කතා කරපු අවසන් පණිවුඩ ඉන් ඇසිය හැකියි. එවිට, ප්ලේන් එක කඩා වැටීම සම්බන්ධයෙන් යම් වැදගත් තොරතුරක් ලබා ගත හැකියි.

ඒ අනුව, ඔබට යම් පරිපථයක් නිර්මාණය කිරීමට අවශ්‍ය යැයි සිතන්න. සාමාන්‍යයෙන් කිසිම ඉංජිනේරුවෙකුට එකවරම සම්පූර්ණ පරිපථයක් නිර්මාණය කිරීමට නොහැකියි. පරිපථය සංකීර්ණ වන විට මේ තත්වය බරපතල වේ. එවිට, ඔබට මුලු පරිපථයම කැටි සටහනක් ලෙස දැක්විය හැකියි. ඒ සඳහා ඔබට අති දැවැන්ත ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් (හෝ ඉංජිනේරුමය) දැනුමක් අවශ්‍ය නැත. උදාහරණයක් ලෙස සරල රේඩියෝ පරිපථයක් කැටි සටහනක් ලෙස පහත ආකාරයට ඇඳිය හැකියි.



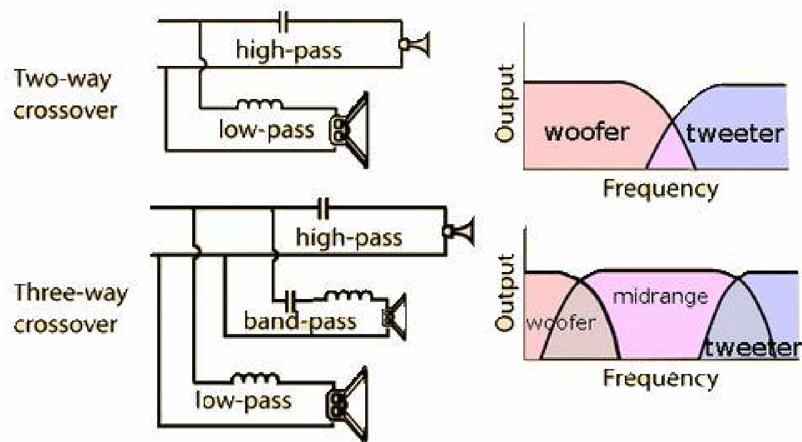

මේ එක් එක් කොටුවකින් (බ්ලොක් එකකින්) දැක්වෙන්නේ සම්පූර්ණ පරිපථය තුල තිබෙන උපපරිපථයන්ය. මේ එක එක උපපරිපථය ගැන වෙන වෙනම අවධානය යොමු කළ හැකියි දැන්. සමහරවිට, මේ එක් එක් බ්ලොක් එකක් නිර්මාණය කිරීමට වෙන වෙනම පුද්ගලයන් කිහිප දෙනෙකුටද පැවරිය හැකියි. එවිට පරිපථය ඉක්මනින් නිර්මාණය කර ගත හැකියි. හැම කෙනාම හැම දේටම දක්ෂ නැත. ඉතිං ඒ ඒ දක්ෂතා තිබෙන අය තමන් වැඩිපුර දක්ෂ ලෙස නිර්මාණය කිරීමට හැකි බ්ලොක් එකේ වගකීම භාරගත හැකියි.

සමහර බ්ලොක් වරක් නිර්මාණය කළ පසු එයම වෙනත් පරිපථ සඳහාද යොදා ගත හැකියි. ඒ කියන්නේ කාලයක් තිස්සේ පරිපථ නිර්මාණය කළ විට, ඔබට "බ්ලොක් පුස්ථකාලයක්" තබා ගත හැකියි. පරිගණක ප්‍රෝග්‍රෑමිංවලද මෙවැනි library ඕනෑ තරම් තිබේ. අන්තර්ජාලයෙන්ද වෙනත් අය දැනට නිර්මාණය කරපු බ්ලොක් ඔබට ලබා ගත හැකියි (එවිට ඔබ සතු බ්ලොක් ලයිබ්‍රරි එක තවත් විශාල වේ). (බ්ලොක් යන වචනය වෙනුවට sub-circuit යන වචනය මෙහිදී වැඩිපුර භාවිතා වෙනවා.) බ්ලොක් ක්‍රමයට හුරුවීමේ වාසි ඒවාය.

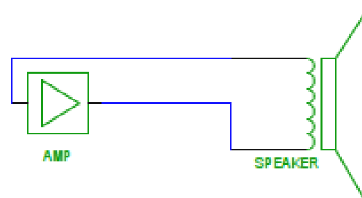
සමහරවිට එලෙස බ්ලොක් එකකින් දැක්වෙන කොටසක් නැවතත් තවත් බ්ලොක් සටහනකින් දැක්විය

හැකි තරමේ සංකීර්ණ විය හැකියි. මේ ආකාරයට අපට මුලු සංකීර්ණ පද්ධතියම අවශ්‍ය අවශ්‍ය පරිදි වර්ධනය/සංකීර්ණ කිරීමට හා නිර්මාණය කිරීමට හැකි වෙනවා. ඉදිරියේදී පරිපථ නිර්මාණය කරන විට, මෙය ප්‍රායෝගිකව යොදා ගන්නා අයුරුත් තවත් කරුණුත් සොයා බලමු.

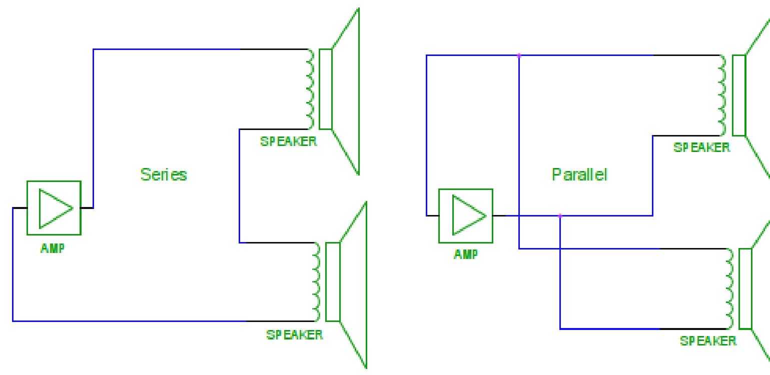
අවස්ථා කිහිපයකදීම ක්‍රොස්-ඕවර් යන වචනය භාවිතා කළා. ක්‍රොස්-ඕවර් පරිපථයකින් කෙරෙන්නේ ඉන්පුට් කරන සංඥාව සංඛ්‍යාත පරාස කිහිපයකට (බොහෝවිට දෙකකට හෝ තුනකට) කඩා ඒ එක් එක් පරාසයන් වෙන වෙනම ස්පීකර් කිහිපයකට ලබා දීමයි. මෙම ස්පීකර් කිහිපය එකම ඇසුරුමක පවතී; ඊට "බෆ්ල්" (baffle) හෝ speaker box කියා පැවසෙනවා. ඒ කියන්නේ බේස් සංඛ්‍යාත පරාසය වූෆර් එකකටත්, ට්‍රෙබල් සංඛ්‍යාත ට්වීටරයකටත්, ඒ දෙක අතරමැද සංඛ්‍යාත පරාසය මිඩ්රේන්ජ් එකටත් යොමු කරයි. ක්‍රොස්-ඕවර් පරිපථ විවිධාකාරයෙන් සෑදිය හැකියි (කොයිල් හා ධාරිත්‍රක යොදා ගනිමින්). එක් බෆ්ල් එකක ස්පීකර් දෙකක් හෝ තුනක් හෝ ඊට වැඩි ගණනක් වුවද තිබිය හැකියි (ස්පීකර් ගණන වැඩි වන තරමට කොලිටිය වැඩිය).




පියවරින් පියවර සරල ක්‍රොස්ඕවර් පරිපථයක් සාදන හැටි බලමු. සාමාන්‍යයෙන් පහත දැක්වෙන පරිපථය තමයි ස්පීකරයක් ඇම්ප් එකකට සම්බන්ධ කරන සරලතම ක්‍රමය.



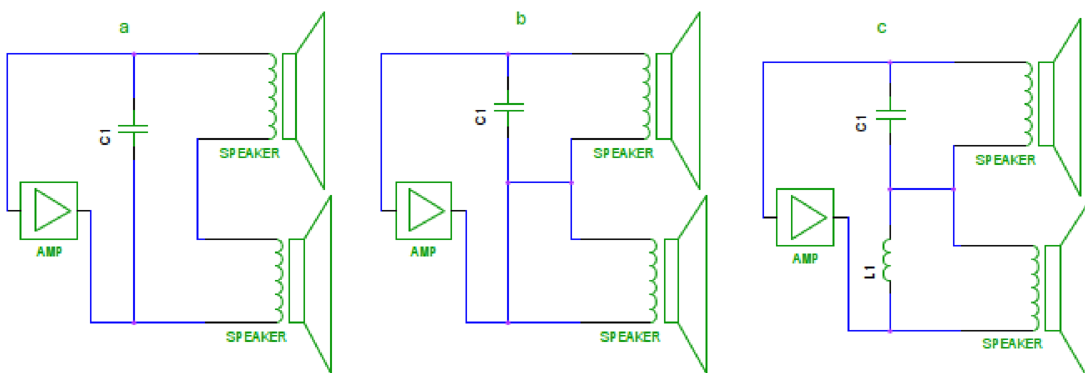

එහෙත් ඔබ දන්නවා මෙය කිසිසේත් හොඳ ශබ්දයක් ලබා දෙන ආකාරයේ පරිපථයක් නොවේ. ඊට හේතුව මෙම තනි ස්පීකරයෙන් විශාල සංඛ්‍යාත පරාසයක් හොඳින් ඇති කළ නොහැකියි. ඊට පිළියමක් ලෙස අපට හැකියි එම සංඛ්‍යාත පරාසය සංඛ්‍යාත පරාස දෙකකට හෝ කිහිපයකට කඩා එම කුඩා සංඛ්‍යාත පරාස සඳහා ගැලපෙන ස්පීකර් දෙකක් හෝ කිහිපයක් සම්බන්ධ කරන්නට. මෙම උදාහරණය සඳහා ස්පීකර් දෙකක් පමණක් සලකමු. එම ස්පීකර් දෙක ශ්‍රේණිගතව හෝ සමාන්තරගතව පහත ආකාරයට සම්බන්ධ කළ හැකියි.




එහෙත් මෙම ක්‍රම දෙක එලෙස සම්බන්ධ කිරීම කිසිසේත් ප්‍රශ්නෙට උත්තරයක් නොවේ මොකද මෙම ක්‍රම දෙකෙහිම තවමත් ප්‍රශ්නය එලෙසම තිබෙනවා. ඒ කියන්නේ සෑම සංඛ්‍යාතයක්ම ස්පීකර් දෙක හරහාම ගමන් කරනවා. මුලින් තිබූ ගැටලුවත් එයයි; එනම් තමන්ට හැසිරවිය නොහැකි සංඛ්‍යාත තවමත් ස්පීකර් දෙක හරහාම ගමන් කරනවා. තවද, ස්පීකර් දෙක ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කරන විට, එම දෙකෙහි ප්‍රතිරෝධ අගයන් එකතු වෙනවා. ඒ කියන්නේ එක් එක් ස්පීකරයක් ඕම් 8 නම්, ශ්‍රේණිගතව තිබෙන විට එය 16 ක් ලෙසයි ඇම්ප් එකට පෙනෙන්නේ. එලෙසම, සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කරන විට, ඕම් ගණන සමාන්තරගත ප්‍රතිරෝධක දෙකක සමක අගය සොයන ක්‍රමයටයි සොයන්නේ. ඒ කියන්නේ සමක අගය අඩු වෙනවා. ස්පීකර් දෙකම ඕම් 8 බැගින් වූවා නම්, මෙවිට ඇම්ප් එකට ඕම් 4 ක සමග ප්‍රතිරෝධයක් තමයි පෙනේනේ. (ඇත්තටම එහි අරුමයක් නැහැනෙ මොකද ස්පීකර් පමණක් නොව ඕනෑම උපකරණයක් (ලෝඩ්) රෙසිස්ටර් ලෙස සලකන බව ඔබ දන්නවා.)

කෙසේ හෝ වේවා, සංඛ්‍යාත සියල්ලම ස්පීකර් දෙක හරහාම යන එකට පිළියමක් ලෙස, අඩු සංඛ්‍යාත ඊට සුදුසු ස්පීකර් එක හරහා පමණක්ද, ඉහල සංඛ්‍යාත ඊට සුදුසු ස්පීකර් එක හරහාද පමණක් ගමන් කරන ලෙසට සුදුසු ෆිල්ටර් යෙදිය යුතුයි. දැන් ඔබ මෙතෙක් උගත් කරුණු ඔස්සේ එවැනි ෆිල්ටර් එකක් නිර්මාණය කළ හැකිද?

හරි... එවැනි ෆිල්ටර් එකක් සාදමු. උදාහරණය සඳහා ඉහත (ශ්‍රේණිගතව) ස්පීකර් දෙක සම්බන්ධ කරපු මූලික ආකාරය සුදුසු ලෙස වෙනස් කරමින් යමු. මෙම විස්තරය සඳහා පහත රූපය පාදක කරගමු.




මෙහි වූෆර් එකට (උඩින් තිබෙන ස්පීකරය) ගමන් කරන ගමන් මාර්ගයේ සිට ග්‍රවුන්ඩ් එකට (පහලින්ම ඇති වයර් එක) කැප් එකක් සමාන්තරගතව යොදන්න (a). එවිට, මෙතැන ඇති වන්නේ ලෝපාස්

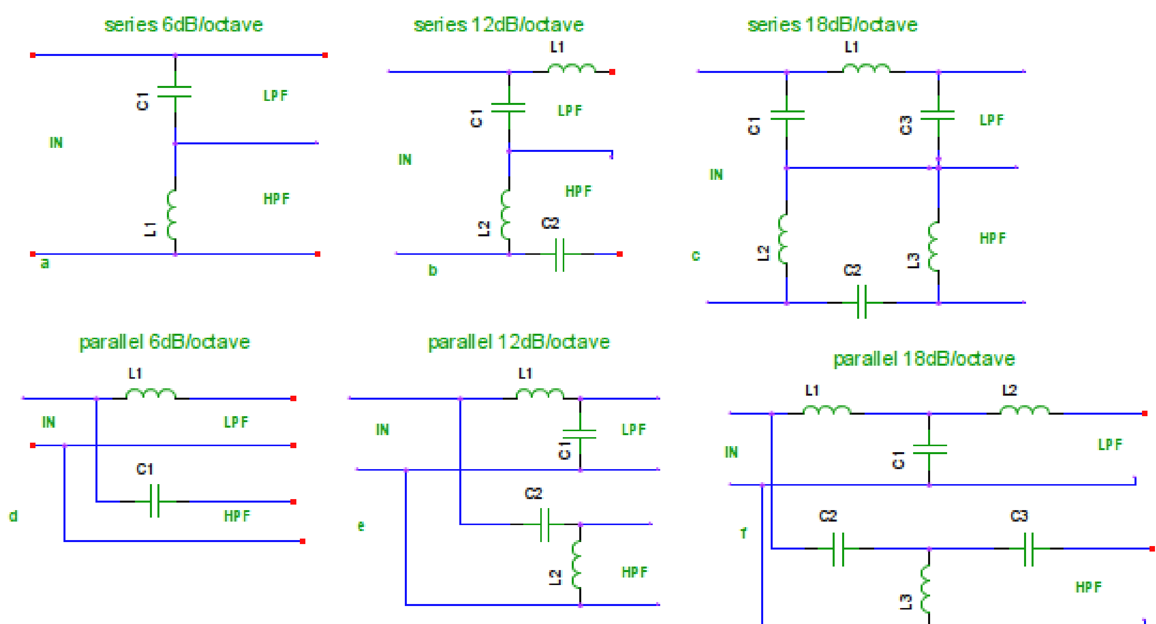
ෆිල්ටරයකි. මෙම ලෝපාස් ෆිල්ටර් එකේ රෙසිස්ටරය ලෙස ගන්නේ ස්පීකර්වල සම්බාදකය/ප්‍රතිරෝධකය වේ. එවිට, කැප් එක හරහා ඉහල සංඛ්‍යාත තරංග ග්‍රවුන්ඩ් එකට "බයිපාස්" වේ (වූෆරය හරහා නොගොස්). ඉන් අපට අවශ්‍ය එක් දෙයක් සිදු වූවා නේද? එනම්, වූෆරය හරහා අධිසංඛ්‍යාත තරංග ගමන් නොකිරීමයි.

එහෙත් තවමත් එහි ප්‍රශ්න ඇත. එකක් නම්, අධිසංඛ්‍යාත තරංග කෙලින්ම ග්‍රවුන්ඩ් එකට ගමන් කරන බැවින් (කිසිදු ස්පීකරයක් හරහා නොගොස්) ශබ්දයේ තිබෙන ට්‍රෙබල් ශබ්ද කිසිවක් නොඇසෙනු ඇත. එය වැලැක්විය යුතුයි. දෙවැනි ප්‍රශ්නය නම්, වූෆරය හරහා ගලා යන (ඊට සුදුසු) අඩු සංඛ්‍යාත සංඥා වූෆරය හා ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ වී තිබෙන ට්වීටරය/මිඩ්රේන්ජ් එක (පහලින් ඇති ස්පීකරය) හරහාද ගමන් කරයි. එය ට්වීටරයට ගැටලුවක්. පළමු ගැටලුවට විසඳුම තමයි (b) හි දැක්වෙන්නේ.

මෙහිදී වූෆරය හරහා ගලා ආ බේස් (අඩු සංඛ්‍යාත) සංඥාවලට ගමන් කිරීමට මාර්ග දෙකක් හමු වේ. ඉන් ඕම් 8 ක පමණ ට්වීටරය හරහා ගමන් කරනවාට වඩා අඩු ඕම් ගණනක් සහිත මාර්ගය ඔස්සේ ග්‍රවුන්ඩ් එකට ගමන් කරනවා. දැන් ට්වීටරය හරහා බේස් සංඥා ගමන් කිරීම වලකිනවා.

එහෙත් කැප් එක හරහා ගමන් කළ ට්‍රෙබල් සංඥා තවමත් ට්වීටරය හරහා ගමන් නොගනී මොකද එම සංඥාද අඩු ප්‍රතිරෝධය සහිත මාර්ගය ඔස්සෙයි ගමන් කරන්නේ. මීට පිළියම (c) වලින් දැක්වේ. ඉහල සංඛ්‍යාත සඳහා කොයිලය විසින් විශාල ප්‍රතිබාදකයක් ඇති කරනවා. එවිට, ට්‍රෙබල් සංඥා ට්වීටරය හරහා ගමන් කරනවා. එහෙත් පහල සංඛ්‍යාත සඳහා කොයිලයේ ප්‍රතිබාදකය අඩුය. එනිසා බේස් සංඥා ට්වීටරය හරහා නොගොස් කොයිලය හරහා ගමන් කරනවා. මෙහිදීද ස්පීකරයේ ප්‍රතිරෝධකය හා කොයිලය එක්ව සාදන්නේ හයිපාස් ෆිල්ටරයකි. මෙම (c) වලින් දැක්වෙන පරිපථය දැන් ක්‍රොස්ඕවර් පරිපථයකි.

පහත දැක්වෙන්නේ සංඛ්‍යාත පරාස දෙකකට කඩන විවිධාරයේ ක්‍රම කිහිපයකි (ක්‍රොස්ඕවර් පරිපථ කිහිපයකි). ඒ කියන්නේ මෙහිදී එක් බෆල් එකක ස්පීකර් දෙකක් පමණයි තිබෙන්නේ. බොහෝවිට මෙම ස්පීකර් දෙක වූෆර් හා මිඩ්රේන්ජ් දෙක වේ.



එකම දේ සිදු කිරීමට ඉහත පරිපථ ක්‍රම 6 ක් දක්වා ඇත. මේ සෑම එකකින්ම කරන්නේ එකම දෙයයි; එනම්, පහල සංඛ්‍යාත හා ඉහල සංඛ්‍යාත වෙන වෙනම මාර්ග දෙකක යැවීමයි (ලෝපාස් හා හයිපාස් ෆිල්ටර් මඟින්).

ඉහත (a) හිදී මෙන් ස්පීකරයට සංඥා ගමන් කිරීමට පෙර එක් ෆිල්ටර් වීමක් පමණක් සිදු වේ නම්, එය ෆස්ට් ඕඩර් ෆිල්ටර් එකකි. ඒ කියන්නේ එහි බෑවුම 6dB/octave වේ. එලෙසම එකම සංඥාව එක් ස්පීකරයක් වෙතට ගමන් කිරීමට පෙර දෙවරක් ෆිල්ටර් වේ නම්, එතැන සෙකන්ඩ් ඕර්ඩර් ෆිල්ටර් එකක් සෑදේ. ඒ කියන්නේ බෑවුම 12dB/octave වේ. ඉහත (b) පරිපථය එවැන්නකි. එහි L1 හා ස්පීකරයේ සම්බාධකය එක්ව ලෝපාස් ෆිල්ටර් එකක්ද, C1 හා ස්පීකරයේ සම්බාධකය එක්ව නැවතත් තවත් ලෝපාස් ෆිල්ටර් එකක්ද සෑදී එම ස්පීකරට යෑමට පෙර සංඥාව දෙවරක්ම ෆිල්ටර් වේ. එලෙසම ට්වීටර් සෙක්ෂන් එකත් විග්‍රහ කරන්න.

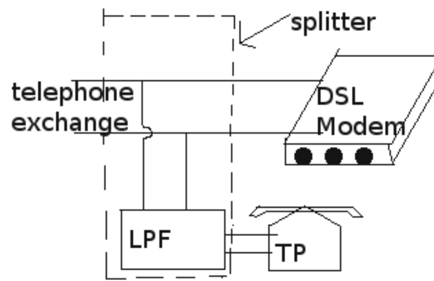
තවද සංඛ්‍යාත පරාස තුනකට කඩන ක්‍රොස්-ඕවර් පරිපථද බහුලම භාවිතා වේ. සුපර්ට්වීටර්, සබ්වූෆර් යනුවෙන් හැඳින්වෙන තවත් ස්පීකර් දෙකක් යොදා ගන්නේ නම්, සංඛ්‍යාත පරාස පහකට කඩන ක්‍රොස්-ඕවර්ද ඔබට සෑදීමට හැකියි. ඇත්තටම ක්‍රොස්ඕවර් පරිපථ ගැන දැන ගැනීමට තවත් බොහෝ කරුණු ඇත. එය වෙනමම (කුඩා) විෂයකි වෙනමම ඉගෙන ගත යුතු තරමේ.

ඔබ ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop) යනුවෙන් හැඳින්වෙන ඉන්ටර්නෙට් සම්බන්ධතාවක් පාවිච්චි කරනවා නම් හෝ ඒ ගැන දන්නවා නම් අසා ඇති DSL splitter ලෙස හැඳින්වෙන කුඩා උපකරණයක් ගැන. එහි එක් තැනකට (ටෙලිකොම් එකෙන් ලබා දෙන) රැහැන් දුරකථනයේ වයරය සවි කර, පිටතට කනෙක්ෂන් දෙකක් ලබා දෙනවා (එකක් ඔබේ සාමාන්‍ය දුරකථනයට, අනික ඔබේ ADSL රවුටරයට).




මෙම ස්ප්ලිටරයත් LC ෆිල්ටරයකි. සාමාන්‍යයෙන් ටෙලිෆෝන් ලයින් එක දිගේ ටෙලිෆෝන් එක්ස්චේන්ජ් එකේ සිට ඔබේ දුරකථනයට ඉලෙක්ට්‍රිකල් සිග්නල් එකක් එනවා. එහෙත් ඩීඑස්එල් හැකියාව ඇති ටෙලිෆෝන් වයරය දිගේ එකවර ඉලෙක්ට්‍රිකල් සිග්නල් දෙකක් පැමිණේ. මින් එකක් සාමාන්‍ය අඩු සංඛ්‍යාත (හර්ට්ස් 300 සිට 4400 දක්වා) voiceband signal එක වන අතර, අනෙක කිලෝ හර්ට්ස් 50 ට වැඩි (මෙගාහර්ට්ස් 1 ආසන්න) අධිසංඛ්‍යාත ඩීඑස්එල් සිග්නල් එකකි. ඉතිං අධිස්ථාපනය වී පැමිණෙන මෙම සිග්නල් දෙක වෙන් කිරීම තමයි ස්ප්ලිටර් නම් ෆිල්ටරයෙන් සිදු කරන්නේ. අඩු සංඛ්‍යාත සංඥාව ටෙලිෆෝනයටද, අධිසංඛ්‍යාත සංඥාව ඒඩීඑස්එල් රවුටරයට/මොඩෙම් එකට ලබා දේ.

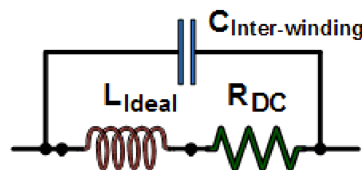
මෙම පරිපථයේදී ටෙලිෆෝන් ලයින් එක දිගේ එන සංඥාව කෙලින්ම ඒඩීඑස්එල් රවුටරයට යොමු කෙරේ. එම සංඥාවෙන් අඩු සංඛ්‍යාත තරංග පමණක් ලෝපාස් ෆිල්ටරයක් හරහා ෆෝන් එකට යොමු කෙරේ.




ඔබට ඇත්තටම විවිධ විදියට එම පරිපථය සෑදිය හැකි බව පෙනේවි. ඉහත පැහැදිලි කළ ආකාරය තමයි බහුලව තිබෙන්නේ. වැඩි මිලකට තිබෙන වැඩි කොලිටියක් සහිත එකක නම් මීට අමතරව ටෙලිෆෝන් ලයින් එක හරහා ඉඳහිට එන ස්පයික් ආදිය වැලැක්විය හැකි සරල උපක්‍රම/පරිපථ ඇතුලත් විය හැකියි.

**සටහන**
ඇත්තටම පරිපථයක් නිර්මාණය කරන විට, විවිධ පැතිකඩයන් සැලකිල්ලට ගැනීමට සිදු වෙනවා. ඉහත පරිපථ මා කැටි සටහන් ක්‍රමයට ඉදිරිපත් කළේ මෙම අවස්ථාවේදී විවිධ පැතිකඩවල් කතා කිරීමට තරම් දුරක් (මෙම පාඩම් මාලාව තුලින්) ගොස් නැති නිසාය. උදාහරණයක් ලෙස, ක්‍රොස්ඕවර් පරිපථ සෑදීමේදී කරුණු රාශියක්ම පවතිනවා; නිකංම ෆිල්ටර් පරිපථය පමණක් සාදා නිම කරන්නට බැහැ. ටෙලිෆෝන් ගැන වුවද ඊටම සුවිශේෂී වූ කරුණු පවතිනවා. ක්‍රමයෙන් ඒවා ගැනද ඉගෙන ගත් පසුයි නිවැරදිවම පරිපථ සැලසුම් කළ හැක්කේ. එහෙත් සුවිශේෂිතා හා විවිධ පැතිකඩයන් නොසලකා හැර සලකා බලන පරිපථයේ ක්‍රියාකාරිත්වය න්‍යායාත්මකව විග්‍රහ කිරීමට එතරම් බාධාවක් නැහැ. ඉහත කර තිබෙන්නේද එයයි. පරිපථ (හෝ වෙනත් බොහෝ තාක්ෂණික/ඉංජිනේරුමය දේවල්) මෙලෙස විග්‍රහ කිරීම (හෝ එහි ක්‍රියාකාරිත්වය සලකා බැලීම) “ගුණාත්මක විග්‍රහකි" (qualitative analysis). එලෙසම ඒවාට සූත්‍ර යොදමින් නිශ්චිත අගයන් යොදමින් විග්‍රහ කිරීම "ප්‍රමාණාත්මක විග්‍රහකි" (quantitative analysis).

ප්‍රතිරෝධක, ධාරිත්‍රක මෙන්ම ප්‍රේරකද පරිපූර්ණ උපකරණයක් නොවේ. ඒ කියන්නේ ප්‍රේරකයේ ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස්, ස්ට්‍රේ කැපැසිටන්ස් ඇත. කොයිලය සෑදීමට යොදාගන්නේ වයර් බැවින් එහි ප්‍රතිරෝධයක් පවතිනවා. කොයිලය ඔතා තිබෙන ආකාරය නිසා එම කම්බි අතර කැපැසිටන්ස් ඇති වෙනවා (විවිධාකාරයේ කැපැසිටන්ස් ඇති වන අයුරු මීට පෙර ඉගෙන ගත්තා). ඒ අනුව, ප්‍රායෝගික/සත්‍ය ඉන්ඩකටරයක ආකෘතිය පහත ආකාරයට වේ. ඔබට මෙය RLC පරිපථයක් ලෙස පෙනෙනවා නේද? ඔව්. එහෙත් මෙහි ධාරිතාව ඉතා කුඩාය. එනිසා අධිසංඛ්‍යාත සඳහා පමණයි මෙය කරදරයක් වන්නේ ($f = 1/(2\pi \sqrt{LC})$ අනුව). මෙම ස්ට්‍රේ කැපැසිටන්ස් එක ඉන්ඩක්ටරයේ self-capacitance (ස්වයං-ධාරිතාව) ලෙසද හැඳින්වෙනවා.




රෙසිස්ටරයක් නොවන (ධාරිත්‍රකය, ප්‍රේරකය වැනි) උපාංගයක එම උපාංගයේ ප්‍රමුඛ ගතිගුණය සමග

ශ්‍රේණිගතව පවතින ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එක ESR (Equivalent Series Resistance) ලෙස හැඳින්වෙනවා. උදාහරණයක් ලෙස, ප්‍රේරකයක ප්‍රමුඛ ගතිගුණය ප්‍රේරණතාව වේ. ඉතිං මෙම ප්‍රේරණතාව සමග ශ්‍රේණිගතව පවතින ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් එක තමයි ESR ලෙස එහිදී හැඳින්වෙන්නේ. සෑම උපාංගයකම මෙම ESR පවතිනවා (මොකද සෑම උපාංගයකම ප්‍රතිරෝධකතා පවතින නිසා).

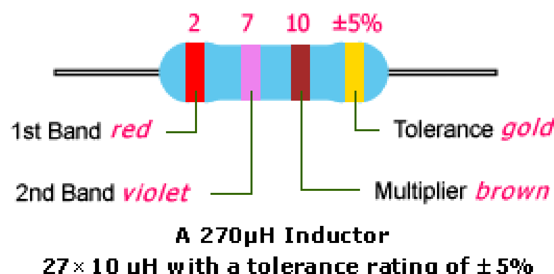
මෙලෙසම, ප්‍රේරකයක් නොවන උපාංගයක එම උපාංගයේ ප්‍රමුඛ ගතිගුණය සමග ශ්‍රේණිගතව පවතින ස්ට්‍රේ ඉන්ඩක්ටන්ස් එක ESL (Equivalent Series Inductance) ලෙස හැඳින්වෙනවා. වයර්/පින් තිබෙන සෑම උපාංගයකම ESL පවතිනවා.

## කොයිල් සෑදීම

අනෙක් උපාංග සේම ඉන්ඩකටර්ද කඩෙන් මිලදී ගත හැකියි. එවිට කලර් කෝඩ් ක්‍රමය හෝ ඉලක්කම් කෝඩ් ක්‍රමය යන ක්‍රමවලින් අගය දැක්වේ. පහත දැක්වෙන්නේ කලර් කෝඩ් එකයි. (ප්‍රතිරෝධක හා ධාරිත්‍රක හා ප්‍රේරක කලර් කෝඩ් වල සියල්ලේම වර්ණවලට හිමි අංක සමානයි නේද?)

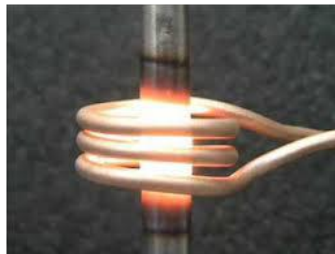
| 1st BAND | 2nd BAND | MULTIPLIER | TOLERANCE |
|---|---|---|---|
| | | Silver 0.01 | ± 5% |
| | | Gold 0.1 | ± 10% |
| Black 0 | 0 | 1 uH | ± 20% |
| Brown 1 | 1 | 10 uH | |
| Red 2 | 2 | 100 uH | |
| Orange 3 | 3 | 1,000 uH | |
| Yellow 4 | 4 | 10,000 uH | |
| Green 5 | 5 | | |
| Blue 6 | 6 | | |
| Purple 7 | 7 | | |
| Gray 8 | 8 | | |
| White 9 | 9 | | |

මෙහි පළමු හා දෙවැනි තීරු දෙකේ අංක ලියා තෙවැනි තීර්වේ දැක්වෙන ඉලක්කමින් ගුණ කළ විට ලැබෙන්නේ ඉන්ඩක්ටරයේ අගය මයික්‍රොහෙන්රි වලිනි. හතරවැනි බෑන්ඩ් එකෙන් දැක්වෙන්නේ සහනතාවයි. හතරවැනි වර්ණ පටියක් නැති නම් 20% සහනතාවක් එහි පවතින බව සිතන්න. පහත දැක්වෙන උදාහරණය බලන්න.




A 270μH Inductor
27 × 10 μH with a tolerance rating of ±5%

එහෙත් බොහෝවිට අපට අවශ්‍ය අගයන් සහිත ඉන්ඩක්ටර් සාදා ගන්නේ අප විසින්මයි. ඇත්තටම කොයිල් සාදා ගැනීම එතරම් ලොකු වැඩක් නොවේ. ප්‍රධාන ආකාර දෙකකින් මෙම කොයිල් සාදා ගන්නවා - සොලිනොයිඩ් හා ටොරොයිඩ් ලෙස. කොයිල් සෑදීමට ඕනෑම සන්නායක වයරයක් භාවිතා කිරීමට හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, යකඩ හෝ ඇලුමිනියම් හෝ තඹ හෝ කම්බියක් ගෙන එය පැන්සලක් වැනි දෙයක් වටා ඔතන්න එම වටයන් (turns) එකිනෙකට ස්පර්ශ නොවන විදියට. මෙය ඉන්ඩක්ටරයකි.



මෙලෙස ගන්නා කම්බිය පරිවරණය වී තිබීම අත්‍යවශ්‍ය කොන්දේසියක් නොවේ. එහෙත් වැඩි ඉන්ඩක්ටන්ස් එකක් ලබා ගැනීමට වැඩිපුර වට ගණනක් එතීම අවශ්‍ය කරනවා. ඉතිං, වට ගණන වැඩි වන විට ඒවා ළඟින් ළඟින් පවතින නිසා ඒවා එකිනෙකට ස්පර්ශ (ෂෝට්) වීමේ අවදානම තිබෙනවා. එනිසා සාමාන්‍යයෙන් කොයිල් සෑදීමට යොදා ගන්නේ පරිවරණය කරපු කම්බි වේ. තවද, ප්‍රතිරෝධය අඩු තඹ ලෝහය තමයි නිතරම වාගේ යොදා ගන්නේ කොයිල් සෑදීමට.

මෙම තඹ කම්බි ෂෙලැක් වැනි පරිවාරක ද්‍රව්‍යයකින් සියුම්ව පරිවරණය කර තිබෙනවා. පරිවරණය කිරීමට යොදා ගන්නා ෂෙලැක් හෝ වෙනත් ද්‍රව්‍ය ඇත්තටම වැදගත්. සමහර අවස්ථාවල කොයිලය ගොඩක් රත් වෙනවා. එවිට එම රත්වීමට ගැලපෙන පරිවාරකයක් තිබිය යුතුයි.

"කොයිල් කම්බි" හෝ magnet wire ලෙස හැඳින්වෙන්නේ මෙලෙස පරිවරණය කර තිබෙන තඹ කම්බි තමයි.

මෙම කොයිල් කම්බි විවිධ "මහතවල්" (gauge – ගේජ්) වලින් ලබා ගත හැකිය. මහත වැඩි (එනම් අරය/විශ්කම්භය වැඩි) කම්බි හරහා වැඩි ධාරා ප්‍රමාණයක් ගලා යා හැකියි (එතරම් රත් නොවී). ඒ කියන්නේ ගලා යන ධාරාවට ගැලපෙන පරිදියි කම්බියේ ගේජ් එක තීරණය කරන්නේ (එය ඕනෑම විදුලිය ගමන් කරන වයරයකට පොදු කොන්දේසියක් කියා ඔබ දන්නවා).

## SWG හා AWG ගේජ්

ගේජ් එක දක්වන ප්‍රධාන ක්‍රම දෙකක් ලොවපුරා ප්‍රසිද්ධයි. එකක් නම් එංගලන්තයේ බිහි වූ SWG (Standard Wire Gauge) ලෙස හැඳින්වෙන සම්මතය වන අතර, අනෙක ඇමෙරිකාවේ බිහි වූ AWG (American Wire Gauge) නම් සම්මතයයි. මේ දෙකෙහිම යම් කිසි අංකයකින් වයරයේ මහත දැක්වේ. පහත දැක්වෙන්නේ එම සම්මත දෙකට අදාල වගු දෙකයි. මෙම වගුවල ගේජ් අංකය (12, 30 වැනි ලෙස දක්වන), කම්බියේ හරස්කඩ වර්ගඵලය (හෝ එහි විශ්කම්භය හෝ අරය), ගලා යා හැකි උපරිම ධාරා ප්‍රමාණය, මීටරයකට (හෝ අඩියකට හෝ මිලිමීටරයට හෝ අඟලකට) තිබෙන ප්‍රතිරෝධි අගය ආදී වටිනා බොහෝ විස්තර අඩංගු කළ හැකියි.

| AWG Gauge | Conductor Diameter (Inches) | Conductor Diameter (mm) | Ohms per km | Ohms per 1000ft | Maximum Amp | Maximum frequency for 100% skin depth for solid conductor copper |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0000 | 0.46 | 11.684 | 0.049 | 0.16072 | 380 | 125 Hz |
| 000 | 0.4096 | 10.40384 | 0.0618 | 0.202704 | 328 | 160 Hz |
| 00 | 0.3648 | 9.26592 | 0.0779 | 0.255512 | 283 | 200 Hz |
| 0 | 0.3249 | 8.25246 | 0.0983 | 0.322424 | 245 | 250 Hz |
| 1 | 0.2893 | 7.34822 | 0.1239 | 0.406392 | 211 | 325 Hz |
| 2 | 0.2576 | 6.54304 | 0.1563 | 0.512664 | 181 | 410 Hz |
| 3 | 0.2294 | 5.82676 | 0.197 | 0.64616 | 158 | 500 Hz |
| 4 | 0.2043 | 5.18922 | 0.2485 | 0.81508 | 135 | 650 Hz |
| 5 | 0.1819 | 4.62026 | 0.3133 | 1.027624 | 118 | 810 Hz |
| 6 | 0.162 | 4.1148 | 0.3951 | 1.295928 | 101 | 1100 Hz |
| 7 | 0.1443 | 3.66522 | 0.4982 | 1.634096 | 89 | 1300 Hz |
| 8 | 0.1285 | 3.2639 | 0.6282 | 2.060496 | 73 | 1650 Hz |
| 9 | 0.1144 | 2.90576 | 0.7921 | 2.598088 | 64 | 2050 Hz |
| 10 | 0.1019 | 2.58826 | 0.9989 | 3.276392 | 55 | 2600 Hz |
| 11 | 0.0907 | 2.30378 | 1.26 | 4.1328 | 47 | 3200 Hz |
| 12 | 0.0808 | 2.05232 | 1.588 | 5.20864 | 41 | 4150 Hz |
| 13 | 0.072 | 1.8288 | 2.003 | 6.56984 | 35 | 5300 Hz |
| 14 | 0.0641 | 1.62814 | 2.525 | 8.282 | 32 | 6700 Hz |
| 15 | 0.0571 | 1.45034 | 3.184 | 10.44352 | 28 | 8250 Hz |
| 16 | 0.0508 | 1.29032 | 4.016 | 13.17248 | 22 | 11 k Hz |
| 17 | 0.0453 | 1.15062 | 5.064 | 16.60992 | 19 | 13 k Hz |
| 18 | 0.0403 | 1.02362 | 6.385 | 20.9428 | 16 | 17 kHz |
| 19 | 0.0359 | 0.91186 | 8.051 | 26.40728 | 14 | 21 kHz |
| 20 | 0.032 | 0.8128 | 10.15 | 33.292 | 11 | 27 kHz |
| 21 | 0.0285 | 0.7239 | 12.8 | 41.984 | 9 | 33 kHz |
| 22 | 0.0254 | 0.64516 | 16.14 | 52.9392 | 7 | 42 kHz |
| 23 | 0.0226 | 0.57404 | 20.36 | 66.7808 | 4.7 | 53 kHz |
| 24 | 0.0201 | 0.51054 | 25.67 | 84.1976 | 3.5 | 68 kHz |
| 25 | 0.0179 | 0.45466 | 32.37 | 106.1736 | 2.7 | 85 kHz |
| 26 | 0.0159 | 0.40386 | 40.81 | 133.8568 | 2.2 | 107 kH |
| 27 | 0.0142 | 0.36068 | 51.47 | 168.8216 | 1.7 | 130 kHz |
| 28 | 0.0126 | 0.32004 | 64.9 | 212.872 | 1.4 | 170 kHz |
| 29 | 0.0113 | 0.28702 | 81.83 | 268.4024 | 1.2 | 210 kHz |
| 30 | 0.01 | 0.254 | 103.2 | 338.496 | 0.86 | 270 kHz |
| 31 | 0.0089 | 0.22606 | 130.1 | 426.728 | 0.7 | 340 kHz |
| 32 | 0.008 | 0.2032 | 164.1 | 538.248 | 0.53 | 430 kHz |
| 33 | 0.0071 | 0.18034 | 206.9 | 678.632 | 0.43 | 540 kHz |
| 34 | 0.0063 | 0.16002 | 260.9 | 855.752 | 0.33 | 690 kHz |
| 35 | 0.0056 | 0.14224 | 329 | 1079.12 | 0.27 | 870 kHz |
| 36 | 0.005 | 0.127 | 414.8 | 1360 | 0.21 | 1100 kHz |
| 37 | 0.0045 | 0.1143 | 523.1 | 1715 | 0.17 | 1350 kHz |
| 38 | 0.004 | 0.1016 | 659.6 | 2163 | 0.13 | 1750 kHz |
| 39 | 0.0035 | 0.0889 | 831.8 | 2728 | 0.11 | 2250 kHz |
| 40 | 0.0031 | 0.07874 | 1049 | 3440 | 0.09 | 2900 kHz |

| SWG Gauge | Diameter (inch) | Diameter (mm) | Ω/km | Ω/kft | Max Amp | Max Frequency |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0000000 (7/0) | 0.5 | 12.7 | 0.136 | 0.447 | 333 | 108 Hz |
| 000000 (6/0) | 0.464 | 11.8 | 0.158 | 0.519 | 287 | 125 Hz |
| 00000 (5/0) | 0.432 | 11 | 0.182 | 0.598 | 249 | 144 Hz |
| 0000 (4/0) | 0.4 | 10.2 | 0.213 | 0.698 | 213 | 168 Hz |
| 000 (3/0) | 0.372 | 9.45 | 0.246 | 0.807 | 185 | 195 Hz |
| 00 (2/0) | 0.348 | 8.84 | 0.281 | 0.922 | 161 | 223 Hz |
| 0 (1/0) | 0.324 | 8.23 | 0.324 | 1.06 | 140 | 258 Hz |
| 1 | 0.3 | 7.62 | 0.378 | 1.24 | 120 | 300 Hz |
| 2 | 0.276 | 7.01 | 0.447 | 1.47 | 102 | 355 Hz |
| 3 | 0.252 | 6.4 | 0.536 | 1.76 | 84.7 | 436 Hz |
| 4 | 0.232 | 5.89 | 0.632 | 2.07 | 71.8 | 503 Hz |
| 5 | 0.212 | 5.38 | 0.757 | 2.48 | 59.9 | 603 Hz |
| 6 | 0.192 | 4.88 | 0.923 | 3.03 | 49.2 | 733 Hz |
| 7 | 0.176 | 4.47 | 1.1 | 3.6 | 41.3 | 873 Hz |
| 8 | 0.16 | 4.06 | 1.33 | 4.36 | 34.1 | 1 K Hz |
| 9 | 0.144 | 3.66 | 1.64 | 5.38 | 27.6 | 1.3 K Hz |
| 10 | 0.128 | 3.25 | 2.08 | 6.81 | 21.8 | 1.7 K Hz |
| 11 | 0.116 | 2.95 | 2.53 | 8.3 | 17.9 | 2 K Hz |
| 12 | 0.104 | 2.64 | 3.15 | 10.3 | 14.4 | 2.5 K Hz |
| 13 | 0.092 | 2.34 | 4.02 | 13.2 | 11.3 | 3.2 K Hz |
| 14 | 0.08 | 2.03 | 5.32 | 17.4 | 8.53 | 4.2 K Hz |
| 15 | 0.072 | 1.83 | 6.56 | 21.5 | 6.91 | 5.2 K Hz |
| 16 | 0.064 | 1.63 | 8.31 | 27.3 | 5.46 | 6.6 K Hz |
| 17 | 0.056 | 1.42 | 10.9 | 35.6 | 4.18 | 8.7 K Hz |
| 18 | 0.048 | 1.22 | 14.8 | 48.5 | 3.07 | 12 K Hz |
| 19 | 0.04 | 1.02 | 21.3 | 69.8 | 2.13 | 17 K Hz |
| 20 | 0.036 | 0.914 | 26.3 | 86.1 | 1.73 | 20 K Hz |
| 21 | 0.032 | 0.813 | 33.2 | 109 | 1.37 | 26 K Hz |
| 22 | 0.028 | 0.711 | 43.4 | 142 | 1.05 | 35 K Hz |
| 23 | 0.024 | 0.61 | 59.1 | 194 | 0.768 | 47 K Hz |
| 24 | 0.022 | 0.559 | 70.3 | 231 | 0.645 | 56 K Hz |
| 25 | 0.02 | 0.508 | 85.1 | 279 | 0.533 | 68 K Hz |
| 26 | 0.018 | 0.457 | 105 | 345 | 0.432 | 84 K Hz |
| 27 | 0.0164 | 0.417 | 127 | 415 | 0.359 | 100 K Hz |
| 28 | 0.0148 | 0.376 | 155 | 510 | 0.292 | 123 K Hz |
| 29 | 0.0136 | 0.345 | 184 | 604 | 0.247 | 147 K Hz |
| 30 | 0.0124 | 0.315 | 221 | 726 | 0.205 | 178 K Hz |
| 31 | 0.0116 | 0.295 | 253 | 830 | 0.179 | 200 K Hz |
| 32 | 0.0108 | 0.274 | 292 | 957 | 0.156 | 232 K Hz |
| 33 | 0.01 | 0.254 | 340 | 1120 | 0.133 | 270 K Hz |
| 34 | 0.0092 | 0.234 | 402 | 1320 | 0.113 | 319 K Hz |
| 35 | 0.0084 | 0.213 | 482 | 1580 | 0.0941 | 385 K Hz |
| 36 | 0.0076 | 0.193 | 589 | 1930 | 0.077 | 468 K Hz |
| 37 | 0.0068 | 0.173 | 736 | 2410 | 0.0617 | 583 K Hz |
| 38 | 0.006 | 0.152 | 945 | 3100 | 0.048 | 755 K Hz |
| 39 | 0.0052 | 0.132 | 1260 | 4130 | 0.0361 | 1 M Hz |
| 40 | 0.0048 | 0.122 | 1480 | 4850 | 0.0307 | 1.2 M Hz |
| 41 | 0.0044 | 0.112 | 1760 | 5770 | 0.0258 | 1.4 M Hz |
| 42 | 0.004 | 0.102 | 2130 | 6980 | 0.0213 | 1.7 M Hz |
| 43 | 0.0036 | 0.0914 | 2630 | 8610 | 0.0173 | 2 M Hz |
| 44 | 0.0032 | 0.0813 | 3320 | 10900 | 0.0137 | 2.6 M Hz |
| 45 | 0.0028 | 0.0711 | 4340 | 14200 | 0.0105 | 3.4 M Hz |
| 46 | 0.0024 | 0.061 | 5910 | 19400 | 0.00768 | 4.7 M Hz |
| 47 | 0.002 | 0.0508 | 8510 | 27900 | 0.00533 | 6.8 M Hz |
| 48 | 0.0016 | 0.0406 | 13300 | 43600 | 0.00341 | 10.6 M Hz |
| 49 | 0.0012 | 0.0305 | 23600 | 77500 | 0.00192 | 18.8 M Hz |
| 50 | 0.001 | 0.0254 | 34000 | 112000 | 0.00133 | 27 M Hz |

වගුවල විශ්කම්භය අඟල් (inches) හා මිලිමීටර් (mm) වලින් වෙන වෙනම දක්වා ඇත. අඟල්වලින් දී ඇති විට මිලිමීටර්වලට හා මිලිමීටර්වලින් දී ඇති විට අඟල්වලට හරවා ගැනීම ඔබටම කළ හැකි වුවත්, පහසුව පිණිසයි එලෙස නිතර භාවිතා කෙරෙන ඒකක දෙකෙන්ම එය දක්වන්නේ. ප්‍රතිරෝධය අඩි 1000 කට කොපමණද, කිලෝමීටරයකට කොපමණද යන වගත් වෙන වෙනම සටහන් කර ඇත. යැවිය හැකි උපරිම ධාරාවද ඇත. චර්මීය ආවරණයේ බලපෑම අවසන් තීරුවෙන් දැක්වේ. ඔබ දන්නවා චර්මීය ආවරණය කියන්නේ විදුලි සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, විදුලිය වයරයේ මතුපිටින් ගමන් කිරීමට පෙළඹීමයි. ඒ ඒ ගේජ් එක සඳහා යැවිය හැකි උපරිම සංඛ්‍යාතය ඉන් දැක්වේ (වැඩි විස්තර චර්මීය ආවරණය යටතේ පහත ඇත).

මෙම වගු දෙකම තඹ කම්බි සඳහා සැකසූවකි. තඹවල ප්‍රතිරෝධකතාව 1.72 x $10^{-8}$ සලකා ඇත. තඹවල ප්‍රතිරෝධකතාව දන්න නිසා, ඔබට හැකියි ඕනෑම දිගක් හා විශ්කම්භයක් සහිත කම්බියක ප්‍රතිරෝධය ගණනය කරන්නට. ඒ සඳහා පහත දැක්වෙන සරල සූත්‍රය යොදා ගත හැකියි. මෙහි R යනු ප්‍රතිරෝධක අගය වන අතර, ρ යනු ප්‍රතිරෝධකතාවද, l යනු කම්බියේ දිගද, A යනු කම්බියේ හරස්කඩ වර්ගඵලයද වේ (වෘත්තාකාර හරස්කඩක් නම් $\pi r^2$ යන සූත්‍රයෙන්ද හතරැස් හරස්කඩක් නම් දිග x පලල යන සූත්‍රයෙන්ද මෙම වර්ගඵලය සෙවිය හැකියි).

$$R=\frac{\rho l}{A}$$

වයරයේ විශ්කම්භය (හෝ අරය) දන්නේ නම්, ඔබට දැන් ඉතා පහසුවෙන්ම එම කම්බියේ ඕනෑම දිගකට ඕම් ගණන සාදා ගත හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස AWG 22 ගේජ් එක ගමු. එහි විශ්කම්භය මිලිමීටර් 0.64516 වේ (එය පළමුව 2 න් බෙදීමෙන් විශ්කම්භය අරයක් බවටද, ඉන්පසු 1000 න් බෙදීමෙන් ඒකකය මීටර්වලටද පෙරළා ගත යුතුයි). එම කම්බියේ කිලෝමීටර් එකක ප්‍රතිරෝධක අගය වන්නේ,

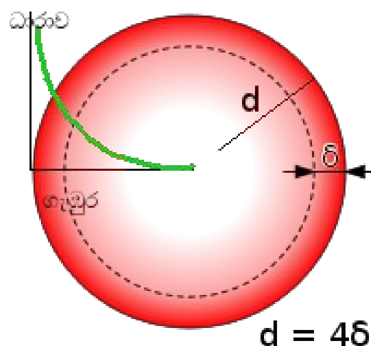
$$R=\frac{1.72\,x\,10^{-8}\,x\,1000}{\pi(\frac{0.64516/2}{1000})^2}$$
$$R=16.74\,ohm$$

## චර්මීය ආවරණය ගණනය කිරීම

ඕනෑම සන්නායකයක් දිගේ ගමන් කරන සංඥාවක් චර්මීය ආවරණයට භාජනය වේ. මෙහි ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් සන්නායකයේ මුලු හරස්කඩ ඔස්සේම ඉලෙක්ට්‍රෝන (ධාරාව) ගමන් නොකර, මතු පිටට වන්නට ගමන් කරයි. සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, තව තවත් මතුපිටට ළං වී ගමන් කරයි. එවිට, ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් නොකරන කම්බියේ මැද කොටසින් වැඩක් නැති වෙනවා. ඒ කියන්නේ වයරයේ ධාරාව ගලා යන සැබෑ හරස්කඩ (effective sectional area) කුඩා වෙනවා. චර්මීය ආවරණය නිසා, ධාරාව ගලා යන හරස්කඩේ ගැඹුර skin depth (චර්මීය ගැඹුර) ලෙස හැඳින්වෙනවා. ඇත්තටම මෙම චර්මීය ගැඹුර ලෙස පෙන්වන කොටසේ තමයි ඉතා වැඩි ප්‍රමාණයක් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගලා යන්නේ. එහෙත් තවමත් සුලු වශයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන කම්බියේ මැද කොටසෙත් ගමන් කරනවා. එහෙත් මැදට වන්නට වන්නට එසේ ගලන ඉලෙක්ට්‍රෝන ප්‍රමාණය ඉතා සීඝ්‍රයෙන් අඩු වෙනවා (ඝාතීය ශ්‍රිතයක් ආකාරයෙන්).

සුලු වශයෙන් හෝ මැද කොටසේද ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරන නිසා එම මැද කොටස්ද නොසලකා සිටිය නොහැකියි. ඊට හේතුව මෙයයි. මිලිමීටර් 10 ක අරයක් සහිත කම්බියකින් යම් සංඥාවක් ගමන් කරන විට, චර්මීය ආවරණය හේතුවෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගලා යන්නේ මතුපිට සිට මිලිමීටර් 1 ක් යටට වන ප්‍රදේශයෙන් යැයි කී විට, එකවර ඔබට සිතෙන්නේ එසේනම් (අරීයව) මිලිමීටර් 9 ක්ම අපතේ ගොස් ඇති බවයි. එහෙත් තත්වය මීට වඩා තරමක් වෙනස් වේ. ඊට හේතුව උඩම මිලිමීටර් 1 ක කොටස (චර්මීය ගැඹුර) තුළ ඉතා විශාල ඉලෙක්ට්‍රෝන ගණනක් ගමන් කළද, ඊට යටින් කොටස් හරහාද තවමත් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරනවා. කොතරම් ගැඹුරට එලෙස සුලු වශයෙන් ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරනවාද? දළ වශයෙන් එය චර්මීය ගැඹුර මෙන් 4 ගුණයක් යටට ගමන් කරනවා ලෙස සැලකිය හැකිය. එය, සරල රීතියක් වශයෙන් චර්මීය ගැඹුර මෙන් හතර ගුණයක් කම්බියේ මැදට වන්නට ඉලෙක්ට්‍රෝන ගමන් කරනවා යැයි මතක තබා ගන්න.

පහත රූපයේ දැක්වෙන්නේ වයරයක හරස්කඩයි. එහි රතු වර්ණය තද වන්නට වන්නට ඉලෙක්ට්‍රෝන වැඩිපුර ගමන් කරන බව හඟවනවා. මතුපිට සිට මැදට (ගැඹුරට) යන විට, ගලා යන ඉලෙක්ට්‍රෝන (හෙවත් ධාරාව) ඝාතීය ආකාරයෙන් අඩුවන බව කොලපාට කුඩා ප්‍රස්ථාරයෙන්ද පෙන්වා තිබෙනවා. δ කොටසේ (වලල්ලේ) තමයි වැඩිපුරම ඉලෙක්ට්‍රෝන දැන් ගමන් කරන්නේ. එහෙත් d කොටස දක්වා වූ ප්‍රදේශයම වැදගත් කොට සලකනවා. d කොටසටත් යටින් මැදට වන්නට ඇති කොටස කිසිසේත් ප්‍රයෝජනයක් නැති පෙදෙසක් ලෙස සලකනවා. අවශ්‍ය නම්, එම කොටස සූරා ඉවත් කළ හැකියි (එවිට සන්නායකයේ බර අඩු වෙනවා පමණක් නොව, වියදමද අඩු කරගත හැකියි). එවිට, කම්බිය බීම බටයක් මෙන් පෙනේවි. ඇන්ටනා බටවල මෙය සිදු කර ඇත (එනම් එහි මැද සූරා දමා ඇත).




චර්මීය ආවරණයේ ප්‍රතිඵලයක් වශයෙන් ප්‍රතිරෝධී අගය ඉහල යනවා. උදාහරණයක් ලෙස, හර්ට්ස් 100 ක සංඛ්‍යාතයක් සහිත විදුලි සංඥාවක් සඳහා යම් කම්බියක් ඕම් 10 ක ප්‍රතිරෝධයක් ඇති කරයි නම්, එම කම්බිය විසින්ම හර්ට්ස් 1000 ක සංඛ්‍යාතයක් සහිත සංඥාවකට ඕම් 100 ක් ලෙස දැක්විය හැකියි. එමනිසා ඇත්තටම විදුලි සංඥා ගෙන යන වයර් සඳහා ඕම් ගණනක් දැක්වීම ප්‍රායෝගිකද නොවේ මොකද සංඥාවේ සංඛ්‍යාතය අනුව එම ගණන බොහෝ සෙයින් විචලනය වේ.

ඇත්තටම $R = \rho l/A$ යන සූත්‍රය අනුව අපට ලැබෙන්නේ සංඛ්‍යාතය ශූන්‍ය අවස්ථාවේ ප්‍රතිරෝධයයි. එනම්, සරල නියත ධාරාවක් සඳහා ප්‍රතිරෝධී අගයයි (මෙන්න මෙම ඩීසී ප්‍රතිරෝධය මත තමයි ඉහත කිලෝමීටරයක් හෝ අඩි 1000 කට පවතින ප්‍රතිරෝධී අගය ලෙස වගු දෙකෙහි දක්වා තිබෙන්නේ). නියත ධාරාවක් සඳහා චර්මීය ආවරණයක් නොපවතී. චර්මීය ආවරණය ගණනය කිරීමට සරල සූත්‍රයක්ද ඇත. එය පහත දැක්වේ.

$$\delta_s = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu f}}$$

මෙහි $\delta_s$ යනු චර්මීය ආවරණය නිසා ඉලෙක්ට්‍රෝන කම්බියේ මතුපිටට ළං වන දුර ප්‍රමාණයයි (චර්මීය ගැඹුර) (මීටර් වලින්). රවුම් කම්බියක් නම් මෙම ඉවතට යෑම අරීයව සිදු වේ (එනම්, කම්බිය මැද සිට සෑම දිශාවකින්ම කම්බියේ මතුපිට දක්වා ඉවතට මෙය සිදු වේ). u යනු කම්බියේ පාරගම්‍යතාවයි. f යනු සංඥාවේ සංඛ්‍යාතයයි. p යනු කම්බියේ ප්‍රතිරෝධකතාවයි (ඕම්-මීටර්වලින්).

ඉහත වගු දෙකෙහි සංඛ්‍යාත තීරු ගණනය කර තිබෙන්නේද ඉහත සූත්‍රය අනුවයි. එම අගයන්වල පදනම මෙසේ තර්ක කර සකස් කර ඇත. මෙලෙස සංඛ්‍යාතය ක්‍රමයෙන් වැඩි වේගෙන යන විට, ඉලෙක්ට්‍රෝන ක්‍රමයෙන් මතු පිටට ළං වෙනවා (මධ්‍යයෙන් ඉවත් වෙනවා). යම් අවස්ථාවක් පැමිණෙනවා ඉලෙක්ට්‍රෝන සම්පූර්ණයෙන්ම කම්බියේ මතුපිටටම පැමිණී. ඒ කියන්නේ ඉහත චර්මීය ආවරණ සූත්‍රය අනුව, $(1 - \delta_s)$ අගය කම්බියේ අරයට සමාන වන අවස්ථාව (එනම්, චර්මීය ගැඹුර කම්බියේ අරයට සාපේක්ෂව ඉතාම කුඩා වන අවස්ථාව). මෙන්න මෙම අවස්ථාව උදාකරවන සංඛ්‍යාතය තමයි වගුවල දක්වා තිබෙන්නේ. එහෙත් මතක තබා ගන්න, මෙම සංඛ්‍යාතයෙන් කියන්නේ අදාල කම්බිය දිගේ යැවිය හැකි උපරිම සංඛ්‍යාතය ගැන පමණයි. සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට ක්‍රමයෙන් වයරයේ "සැබෑ" ඕම් ප්‍රමාණයද සීඝ්‍රයෙන් වැඩිවේ. අර උපරිම සංඛ්‍යාතයට ඉක්මවා යන විට, ප්‍රතිරෝධය (න්‍යායාත්මකව) අනන්තය දක්වා වැඩි වේ.

මතක තබා ගන්න මෙම වගු දෙකෙහිම මහත දැක්වීමට ඉලක්කම් යොදා ගත්තත්, මේ දෙක එකිනෙකට ගැලපෙන්නේ නැත. උදාහරණයක් ලෙස, SWG 23 යන අංකයෙන් දැක්වෙන කම්බියේ මහත හා AWG 23 යන අංකයෙන් දැක්වෙන කම්බියේ මහත එකිනෙකට වෙනස්ය. එනිසා, කොයිල් සෑදීමේදී ගේජ් එක දක්වා ඇත්තේ SWG වලින්ද AWG වලින්ද යන්න ගැන සැලකිලිමත් වන්න.

තවද, ඉහත වගු වලංගු වන්නේ තඹ ලෝහය සඳහා පමණයි. එහෙත් ඇලුමිනියම් හෝ යකඩ (හෝ වෙනත් ලෝහ) කම්බිද සමහර වෙලාවට භාවිතා කෙරෙනවා විදුලිය යැවීමට. රිදී හැර අනෙක් සෑම ලෝහයකම ප්‍රතිරෝධකතාව තඹවලට වඩා වැඩිය (මිල අධික නිසා රිදී කම්බි යොදා ගන්නේද නැත). එනිසා, යම් ධාරාවක් යැවීමට යම් ගේජ් එකක තඹ කම්බියක් භාවිතා කරන්නේ නම් හා තඹ වෙනුවට වෙනත් ලෝහයක් ආදේශ කිරීමට සිදු වුවොත් අනිවාර්යෙන්ම එම කම්බියේ ගේජ් එක තඹ කම්බියේ ගේජ් එකට වඩා වැඩි විය යුතුය. ඒ කියන්නේ එක් එක් ලෝහ වර්ගය අනුව ගලා යා හැකි ධාරාව වෙනස් වේ. ඒ විතරක්ද නොවේ චර්මීය ආවරණයේ බලපෑමද වෙනස් වේ (චර්මීය ගැඹුර ගණනය කරන ඉහත සූත්‍රයේ ලෝහයේ ප්‍රතිරෝධකතාව හා ලෝහයේ පාරගම්‍යතාව ඇතුළත් වන නිසා).

ඉහත වගුවල පදනම ප්‍රතිරෝධකතාව වේ. යම් ලෝහයක ප්‍රතිරෝධකතාව දන්නේ නම්, ඉහත වගුවක් එම ලෝහය සඳහා ගැලපෙන ලෙස සකසා ගැනීම පහසු වැඩකි.

කම්බියක් හරහා ගලා යා හැකි උපරිම ධාරා ප්‍රමාණය තීරණය කරන්නේ දළ වශයෙන් එම කම්බියේ ප්‍රතිරෝධකතාව හා මහත (ගේජ් එක) මතයි (තවත් සාධක කිහිපයක් ඇත). ඉහත වගු තඹ සඳහා සකසා ඇති නිසා, එම වගුවල ප්‍රතිරෝධකතාව වෙනස් නොවේ. එහෙත් ගේජ් එක වෙනස් වේ. එනිසයි එක් එක් ගේජ් එකට වෙන වෙනම ගලා යා හැකි ධාරාවන් දක්වා තිබෙන්නේ.

ඉතිං යකඩ හෝ ඇලුමිනියම් හෝ වෙනත් ලෝහ කම්බි යොදා ගන්නේ නම්, එම ලෝහයට අදාල ප්‍රතිරෝධකතාව පොතකින් හෝ ඉන්ටර්නෙට් එකෙන් හෝ පහසුවෙන් සොයා ගත හැකියි. ඉන්පසු ඉහත වගුවකට සමාන වගුවක් සකස් කරගත හැකියි.

එහිදී ගේජ් තීරුව හා විශ්කම්භ තීරුව වෙනස් නොකර එලෙසම තබන්න.

(කිලෝමීටරයට හා අඩි 1000 ක් සඳහා වූ) ප්‍රතිරෝධ අගය පෙන්වන තීරු ඉහත R= pl/A සූත්‍රය අනුව ගණනය කර පුරවන්න (ඒ ඒ ගේජ් එක සඳහා).

ඉන්පසු එක් එක් ගේජ් එකක් සඳහා තඹ කම්බියේ ප්‍රතිරෝධකතාව හා අනෙක් (ඇලුමිනියම් හෝ වෙනත්) කම්බියේ එම ගේජ් එකේම ප්‍රතිරෝධකතාව අතර අනුපාතය ගන්න; දැන් එම අනුපාතයට අනුව ධාරාව සොයන්න (එනම්, තඹවල ප්‍රතිරෝධකතාව අනෙක් ලෝහයේ ප්‍රතිරෝධකතාවෙන් බෙදා, එසේ ලැබෙන අගය යම් තඹ ගේජ් එකකට දැරිය හැකි උපරිම ධාරාවෙන් ගුණ කරන්න; එවිට ලැබෙන්නේ අදාල ලෝහයේ එම ගේජ් එකට දැරිය හැකි උපරිම ධාරාවයි). මෙලෙස සෑම ගේජ් එකක් සඳහාම එය සිදු කළ හැකියි. එවිට උපරිම ධාරා තීරුවත් සම්පූර්ණ වේ.

දැන් පිරවීමට ඇත්තේ චර්මීය ආවරණ තීරුවයි. එයත් ඉහත චර්මීය ආවරණය පිළිබඳ සූත්‍රය මඟින් ගණනය කළ හැකියි.

මේ ආකාරයට ඇලුමිනියම්, යකඩ ආදී කම්බි සඳහාද ඉහත වගු සකසා ගත හැකියි. ඒ හැරත් සරල ගණිතය යොදා ගෙන ඕනෑම ගේජ් එකක ඕනෑම දිගක ඕනෑම ලෝහයක (එහි ප්‍රතිරෝධකතාව දන්නවා නම්) කම්බියක් සඳහා ඉහත ගලා යා හැකි උපරිම ධාරාව, ප්‍රතිරෝධ අගය, චර්මීය ගැඹුර ආදී අගයන් ගණනය කළ හැකියි. <u>මෙම ගණනය කිරීමෙන් ලැබෙන වගු ඉතාම දළ අගයන් බව මතක තබා ගන්න</u>.

**සටහන**
නිතර භාවිතා වෙන සන්නායක කිහිපයක ප්‍රතිරෝධකතා පහත දැක්වේ. Ohm meter යන සම්මත ඒකකයෙන් ඒ සියල්ල මනිනු ලැබේ.

| | |
|---|---|
| Silver (රිදී) - $1.59x10^{-8}$ | Copper (තඹ) – $1.72x10^{-8}$ |
| Aluminium – $2.8x10^{-8}$ | Gold (රත්තරං) - $2.4x10^{-8}$ |
| Iron (යකඩ) – $1x10^{-7}$ | Zinc – $5.5x10^{-8}$ |
| Tin – $1.1x10^{-7}$ | Lead (ඊයම්) - $1.7x10^{-7}$ |
| Nickel – $7x10^{-7}$ | Tungsten – $5.6x10^{-8}$ |
| Nichrome – $1x10^{-6}$ | Carbon (graphite) – $1x10^{-5}$ |

උදාහරණයක් ලෙස ඇලුමිනියම් ලෝහය සලකමු. ඇලුමිනියම් හා තඹ දෙකෙහි සන්නායකතා දෙකෙහි අනුපාතය $(1.72x10^{-8})/(2.8x10^{-8}) = 0.61$ වේ. දැන් ඉහත තඹ සඳහා වූ වගුවක ධාරාව පෙන්වන තීරය මෙම 0.61 යන අගයෙන් ගුණ කරගෙන යන්න. ඇත්තෙන්ම මෙලෙස ගණනය කිරීමෙන් ඔබට ලැබෙන්නේ දළ අගයන් පමණි. (වයරයක් තුළින් ගලා යා හැකි ධාරාව තීරණය කිරීමේදී තවත් සාධක පවතින බැවින්, ඒ කිසිවක් මෙහිදී සලකා නොමැත.)

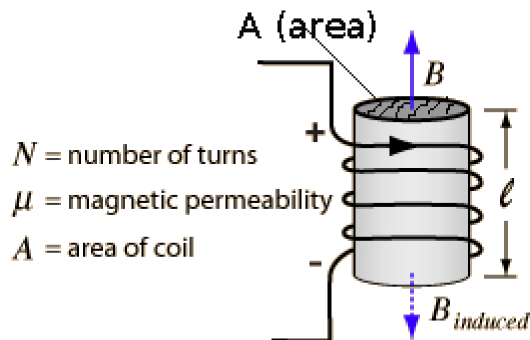
ඉහත පෙන්වූ පරිදි ඇලුමිනියම්වල සන්නායකතාව තඹවල සන්නායකතාවෙන් 61%කි (0.61). එනිසා, AWG වගුවෙන් යම් තඹ කම්බි ගේජ් එකක් ගත් විට, එම තඹ කම්බිය වෙනුවට ඇලුමිනියම් කම්බියක් ආදේශ කිරීමට අවශ්‍යයි නම්, තඹ කම්බියේ අංකයට 2 ක් අඩු ගේජ් එක සහිත ඇලුමිනියම් කම්බියක් යොදා ගත හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, AWG 20 ගේජ් එක සහිත තඹ කම්බිය වෙනුවට AWG 18 සහිත ඇලුමිනියම් කම්බියක් ඒ සඳහා ආදේශ කළ හැකියි. මෙය සරල රීතියකි (rule of thumb).

අපට අවශ්‍ය හෙන්රි ප්‍රමාණය ලැබෙන හා අවශ්‍ය ධාරා ප්‍රමාණය යැවිය හැකි ප්‍රේරකයක් සාදා ගන්නේ කෙලෙසදැයි දැන් බලමු. සරලව ගතහොත් ඔබට අවශ්‍ය ධාරා ප්‍රමාණය යැවීමට කරන්න තියෙන්නේ ඉහත වගුවක් ආශ්‍රයෙන් කොයිලයේ ගේජ් එක තෝරා ගැනීම පමණයි.

එහෙත් හෙන්රි ප්‍රමාණය සැකසීම එතරම සරල නැත. එය ඔතන වට ප්‍රමාණය, කොයිලයේ දිග ආදී

සාධක තුන හතරක් මත තීරණය වන්නක්. ඇත්තටම ආකාර කිහිපයකින්ම කොයිල් සෑදිය හැකි නිසා, ඒ සෑම එකකටම පොදු සූත්‍රයක් දිය නොහැකි වුවත්, මූලික සිද්ධාන්ත දන්නවා නම් දළ වශයෙන් ඒ එක් එක් ආකාර සඳහා සූත්‍ර සාදා ගත හැකියි.

පහත දැක්වෙන්නේ බහුලවම භාවිතා වන සොලිනොයිඩ් වර්ගයේ කොයිලයක් සඳහා සූත්‍රයක් නිර්මාණය කර ගන්නා ආකාරයයි.

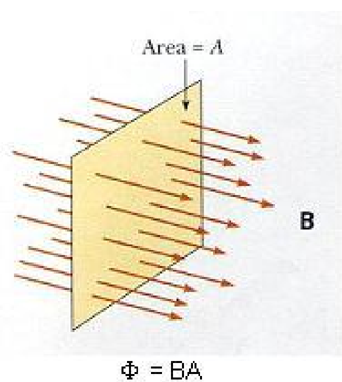


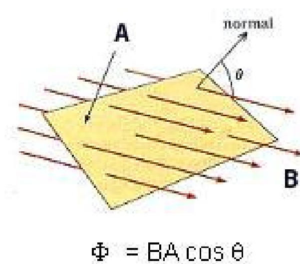

## චුම්භක ස්‍රාවය හා ස්‍රාව ඝනත්වය

චුම්භක හෝ විද්‍යුත් චුම්භකයක් අවට චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් ඇතිවන බව ඔබ දන්නවා. එම ක්ෂේත්‍රය "චුම්භක ස්‍රාවය" (magnetic flux) යන නමින් හැඳින් වෙනවා. (චුම්භක ස්‍රාවය (ϕ) වෙබර් (Weber) යන ඒකකයෙන් මැනේ. පැරණි ක්‍රමයේදී මැක්ස්වෙල් (Mx) යන ඒකකයෙන්ද එය මැන්නා.)

1 Wb = $10^8$ Mx

යම් ප්‍රදේශයක් පුරා පැතිර පවතින චුම්භක ස්‍රාවය එම ප්‍රදේශයේ ක්ෂේත්‍රඵලයෙන් බෙදීමෙන් "ඒකක ක්ෂේත්‍රඵලයකට චුම්භක ස්‍රාවය" හෙවත් චුම්භක ස්‍රාව ඝනත්වය (flux density) ලැබේ (ඉහත රූපයේ සිලින්ඩර් හැඩයේ ඉහළ හරස්කඩ ක්ෂේත්‍රඵලයට ලම්භකව B ස්‍රාව ඝනත්වය පිහිටන අයුරු බලන්න). පහත රූපයද බලන්න. ස්‍රාවය (එනම් ස්‍රාව රේඛා) තලයට ලම්භක නොවී යම් ϴ කෝණයකින් ඇලවී නම් පවතින්නේ එවිට පෙන්වා දී ඇති පරිදි කොස්(ϴ) සූත්‍රයට ඇතුලු වේ (ගණිතයේ ත්‍රිකෝණමිතික නියමයන් අනුව)



ඇත්තටම චුම්භක සමග ගනුදෙනු කරන හැමවිටම පාහේ අප යොදා ගන්නේ මෙයයි. එය B යන අකුරින් සංකේතවත් කරන අතර, මනින ඒකකය වන්නේ ටෙස්ලා (Tesla – T) හෝ "වර්ග මීටරයට වෙබර්" ($Wb/m^2$) වේ (පැරණි මිනුම් ක්‍රම අනුව මෙය ගවුස් (Gauss) (G) වලින්ද මනිනු ලැබේ).

$1 T = 10^4 G$

B ගණනය කිරීමේදී ක්ෂේත්‍රඵලයට ලම්භකව පවතින චුම්භක ස්‍රාවයයි ගණන් ගන්නේ. පොලොවේද යම් චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් පවතින බව ඔබ දන්නවා (මාලිමා ක්‍රියා කරන්නේ මෙම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයට සංවේදීවයි). දළ වශයෙන් පොලොවේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ ස්‍රාව ඝනත්වය ගවුස් 0.5 ක් පමණය.



## චුම්භකයක H අගය (චුම්භකතාව)

තවද, චුම්භක ධ්‍රැවයක (එනම්, චුම්භකයක) පවතින "චුම්භකතාව" ගැනද අපට අදහසක් තිබිය යුතුය. ආරෝපණයක ප්‍රබලතාව අප කූලෝම්වලින් මැන්නා. එලෙසම චුම්භකයක ප්‍රබලතාව (මා එය චුම්භකතාව/චුම්භකත්වය යන නමින් හඳුන්වන්නට කැමතියි) මනින්නේ "මීටරයට ඇම්පියර් වට" යන ඒකකයෙනි. මෙම චුම්භකත්වය H අකුරින් සංකේතවත් කෙරේ (ඉංග්‍රිසියෙන් මෙය magnetic field strength, magnetizing force, H-field ආදී වචනවලින් හැඳින්වෙනවා).

මෙම ඒකකය මෙලෙස නිර්වචනය කිරීමට හේතුව කෙටියෙන් බලමු (හරිම සරල තර්කයක් එතැන තිබෙන්නේ). සාමාන්‍ය කාන්දම් හා විද්‍යුත් චුම්භක යන දෙකෙහිම පවතින්නේ එකම චුම්භකතාවයි. වෙනස නම්, සාමාන්‍ය කාන්දම්වල එම කාන්දම් ගුණය පවතින්නට පිටතින් විදුලි ධාරාවක් අවශ්‍ය නොකිරීමයි; විද්‍යුත් චුම්භකයක චුම්භකතාවට හේතුව විදුලි ධාරාවකි. සිතන්න යම් ප්‍රබලතාවක් සහිත සාමාන්‍ය කාන්දම් කැබැල්ලක් තිබෙනවා කියා. එහි ප්‍රබලතාව අපට චුම්භකත්වය මනින උපකරණයක් ඇසුරින් මැනිය හැකියි. දැන් එම ප්‍රබලතාවම සහිත විද්‍යුත් චුම්භකයක්ද ගන්න. මෙම ප්‍රබලතාව ඇති කිරීමට අවශ්‍ය කරන ධාරාව ඔබට මැනගත හැකියි. ඒ කියන්නේ දැන් මෙම චුම්භක දෙක සමානයි; එවිට විද්‍යුත් චුම්භකයේ ධාරාව ඇසුරින් මේ දෙවර්ගයේම චුම්භක ගැන අධ්‍යනය කිරීමට අපට හැකියි නේද? (මෙය ආකෘතියකි.) එය පහත ආකාරයට දැක්විය හැකියි.

**සටහන**

ඉහත සිදු කළ ක්‍රියාව (එසේත් නැතිනම් ඉහත ආකාරයේ ආකෘතියක් ගොඩ නැඟීම) විද්‍යා හා තාක්ෂණ ලෝකයේ නිතර සිදු වන්නකි. යම් කිසි ගුණයක් ඔබට මැනගත හැකියි තවත් දෙයක් ආශ්‍රයෙන්. උදාහරණයක් ලෙස ඔබ සතුව බිස්කට් පෙට්ටියක් ඇතැයි සිතන්න. ඔබට පුලුවන් එහි පරිමාව හරියටම ගණනය කරන්න එහි දිග, පළල, උස යන තුන එකට ගුණ කිරීමෙන්. දැන් ඔබ සතුව අවිධිමත් හැඩයක් සහිත විශාල කලු ගල් කැබැල්ලක පරිමාව සෙවීමට කිව්වොත් එය කළ හැකිද ඉහත ආකාරයට දිග,

පළල, උස එකිනෙකට ගුණ කිරීමෙන්? බැහැ නේද?

එහෙත් එම අවිධිමත් ගල් කැබැල්ලේ පරිමාව පහසුවෙන්ම සොයා ගත හැකියි එම ගල් කැබැල්ල "කට කැපෙන්නට" වතුර පිරවූ භාජනයක් තුළට දමා, එවිට ඉවත් වන (පිටාර ගලන) වතුර ප්‍රමාණය මැන ගැනීමෙන්. ගලෙහි පරිමාව වන්නේ එලෙස පිටාර ගැලූ වතුර ප්‍රමාණයේ පරිමාවයි. (මෙය ආකිමිඩීස් විසින් පළමු වරට පෙන්වා දුන් නියමයක්.) ඒ කියන්නේ ඔබ ගලෙහි පරිමාව මැන්නේ එය ඍජුවම මැන බලා ගණනය කර නොව, වතුර ආශ්‍රයෙන්ය. මෙය වක්‍ර ක්‍රමයක්. එහෙත් අපට අවශ්‍ය දේ සිදු වූවා.

ඉහත කාන්දම් ගැනද කීමට තිබෙන්නේ එයමයි. සාමාන්‍ය කාන්දම් කැලිවල ප්‍රබලතාව උපකරණ මඟින් මැනිය හැකි වුවත්, එය ගණිත ක්‍රමයකින් මැන ගණනය කිරීමට බැරිය. එහෙත් විද්‍යුත් චුම්භක එසේ නොවේ. කොයිලය හරහා ගලන ධාරාව දන්නේ නම් අපට චුම්භකයේ ප්‍රබලත්වය ගණනය කළ හැකියි (එනම්, අර්ථ කථනය කළ හැකියි). දෙකම අවසාන වශයෙන් චුම්භක නිසා, ධාරාව ආශ්‍රයෙන් වක්‍රව කාන්දම් කැලිවලද ප්‍රබලත්වය කිව හැකි බවයි මා පෙන්වා දීමට උත්සහ කළේ.

චුම්භකත්වය ධාරාවට අනුලෝමව සමානුපාතිකයි ( $H \propto I$ )

ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි විදුලියේ ප්‍රමුඛ ඒකකය වන ධාරාවමයි චුම්භකවලදිත් ප්‍රමුඛ වන්නේ.

ඒ වගේමයි වට ගණන වැඩි වන විටද චුම්භකත්වය වැඩි වේ. සිතන්න දිගු කම්බියක් හරහා ධාරාවක් ගමන් කරනවා කියා. එවිට යම් චුම්භක ප්‍රබලතාවක් එහි ඇති වෙනවානෙ ඉහත කියූ ආකාරයට. දැන් එම කම්බියම වට කිහිපයක් එන පරිදි නැවූ විට (කොයිලයක් ආකාරයට) එම වට ප්‍රමාණයට සමානුපාතිකව චුම්භකය ප්‍රබල වේ. එනිසා තමයි ධාරාව පමණක් නොගෙන ධාරාව (I) හා වට ගණන (N) යන දෙකම සලකන්නට සිදු වන්නේ. ඒ අනුව ඉහත පෙන්වූ සරල සම්බන්ධතාව පහත ආකාරයට තවත් නිවැරදි වේ.

$$H \propto N.I$$

ඔබට විවිධ දිගවලින් කොයිල් සෑදිය හැකියි නේද? එම දිග ඒකක දිගකට ලබා ගත් විට, නිශ්චිතවම චුම්භකය ගැන අපට කතා කළ හැකියි. ඒකක දිගක චුම්භකත්වය දන්නා විට, ඕනෑම දිගක් සහිත කොයිලයක චුම්භකත්වය සෙවිය හැකියිනෙ. ඒ කියන්නේ ඉහත සම්බන්ධතාව තවදුරටත් පහත ආකාරයට සකස් කළ හැකියි.

$$H = \frac{N.I(\text{අයි අකුර})}{l(\text{එල් අකුර})}$$

මෙම චුම්භකත්වය ස්‍රාව ඝනත්වය වගේම වැදගත් රාශියකි. ඇත්තටම මේ දෙක අතර පහත ආකාරයේ සම්බන්ධතාවක්ද පවතිනවා. මෙම සම්බන්ධතාව වටහගත යුත්තේ මෙලෙසයි. චුම්භකය (හෝ විද්‍යුත් චුම්භකය) තුළ එම චුම්භක ගුණය ඉස්මතු කරවන කෙනා තමයි H. එහෙත් චුම්භකය සෑදී ඇති ඒ ඒ ද්‍රව්‍ය අනුව, එම චුම්භකය විසින් ඇති කරන චුම්භක ස්‍රාව ඝනත්වය තීරණය වෙනවා. එකම H අගය සහිත එක් ද්‍රව්‍යයක් විසින් ඇති කරන ස්‍රාව ඝනත්වය නොවේ තවත් ද්‍රව්‍යයක් ඇති කරන්නේ.

B = uH

මෙහි u යන්න පාරගම්‍යතාව (permeability) ලෙස හැඳින්වේ. විදුලියේදී මතකද පාරවේද්‍යතාව යනුවෙන් දෙයක් හමු වූවා? විදුලි ක්ෂේත්‍රයක් පැතිරීමට ඇති පහසුතාව තමයි ඉන් හැඟවූයේ. එලෙසම චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් පැතිරීමට ඇති පහසුතාව තමයි පාරගම්‍යතාව යනුවෙන් හැඳින්වෙන්නේ.

පාරගම්‍යතාව වැඩි මාධ්‍යයක් තුළ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පහසුවෙන්/ශක්තිමත්ව පැතිරෙනවා.

රික්තකයේ පාරගමගාතාව නියතයක් වන අතර එය $4\pi \times 10^{-7}$ යන අගය සහිතයි ($u_0$ යන සංකේතය ඊට යෙදේ). දළ වශයෙන් වාතයේ (වායුගෝලයේ) පාරගම්‍යතාවද එයමයි. එහෙත් විවිධ මාධ්‍යවල පවතින්නේ විවිධ පාරගම්‍යතා අගයන්ය.

පාරවේද්‍යතාව ගැන කතා කිරීමේදී සාපේක්ෂ පාරවේද්‍යතාව අර්ථ දැක්වූ විදියටම, මෙහිදීද සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාවක් (relative permeability, $u_r$) අර්ථ දැක්විය හැකියි. එනම්,

යම් මාධ්‍යයක සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව = (එම මාධ්‍යයේ පාරගම්‍යතාව)/(රික්තයේ පාරගම්‍යතාව)

( $u_r = u/u_0$)

සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාවෙන් 1 ක් අඩු කළ විට ලැබෙන රාශියට magnetic susceptibility යන නම ව්‍යවහාර කෙරෙනවා. එය χ යන ග්‍රීක අකුරින් සංකේතවත් කෙරෙනවා.

$\chi = u_r - 1$

චුම්භකගාමක බලය (magnetomotive force – mmf) යනුවෙන්ද වචනයක් අපට හමු වෙනවා. එය හරියට විදුලියේදී හමුවන විද්‍යුත්ගාමක බලය (electromotive force – emf) වගේම රාශියක්. ඔව්, විදුලියේදී emf වලට හිමි ස්ථානය තමයි චුම්භකවලදී mmf ට හිමි වන්නේ. චුම්භකත්වය චුම්භකයේ දිගින් වැඩි කිරීමෙන් mmf අගය ලැබේ.

mmf = Hl   (H - චුම්භකතාව, l (එල් අකුර) - චුම්භකයේ දිග)

H = NI/l නිසා, ඉහත සූත්‍රය පහත ආකාරයටද ලිවිය හැකියි නේද?

mmf = Hl (එල්) = NI (අයි)

## Magnetic circuit ආකෘතිය

යම් සන්නායකයක අග්‍ර දෙක අතර යම් විද්‍යුත්ගාමක බලයක් ඇති විට, එම සන්නායකය දිගේ විදුලි ධාරාවක් (ඉලෙක්ට්‍රෝන) ගමන් කරනවා. එලෙසම, යම් (කාන්දම්) ද්‍රව්‍යයක් දෙපස චුම්භකගාමක බලයක් ඇති විට, ඒ හරහා චුම්භක ස්‍රාවයක් ගමන් කරනවා.

විද්‍යුත්ගාමක බලය නිසා ගමන් කරන ධාරාවට එම මාධ්‍යය විසින් ප්‍රතිරෝධකතාවක් දක්වනවා (එනම්, ධාරාව ගැලීමට බාධාවක්). එලෙසම, චුම්භකගාමක බලය නිසා චුම්භක ස්‍රාවයක් ගමන් කරන විට, මාධ්‍යය විසින් ඊට "චුම්භක ප්‍රතිරෝධකතාවක්" (reluctance – R) දක්වනවා. රිලක්ටන්ස් හි පරස්පරය (1/R) හැඳින්වෙන්නේ permeance (P) ලෙසයි.

මේ අනුව, ඔබට පැහැදිලිවම පෙනෙනවා විදුලිය හා චුම්භක අතර එකිනෙකට අනුගතව පවතින සංකල්ප/සූත්‍ර පවතින බව. ඒ කියන්නේ විදුලියේදී ධාරාවට හිමි තැන චුම්භකවලදී චුම්භක ස්‍රාවයටද, ප්‍රතිරෝධය හිමි තැන රිලක්ටන්ස්වලටද හිමි වෙනවා. එම සම්බන්ධතාව සූත්‍රයක් ලෙස පහත ආකාරයට ලිවිය හැකියි. මෙය විදුලියේදී ඔබ ඉගෙන ගත් ඕම් නියමයට අනුරූප සූත්‍රයක් නේද? මෙම සූත්‍රය Hopkinson's Law යන නමින් හැඳින්වෙනවා.

mmf = (Magnetic flux)(Reluctance)          mmf = $\phi R$

ඕම් නියමය පිළිපදින විට ඇති වන්නේ ඉලෙක්ට්‍රික් සර්කිට් එකකි. එලෙසම හොප්කින්සන් නියමය පිළිපදින විට ඇති වන්නේ මැග්නටික් සර්කිට් (චුම්භක පරිපථයක්) ය. මතක තබා ගන්න චුම්භක පරිපථය යනු හුදෙක්ම පහසුවෙන් ගණන් සෑදීමට (විශ්ලේෂණ කටයුතුවලට) යොදා ගැනීමට ගොඩ නඟා ගත් ආකෘතියක් පමණයි.

ඇත්තටම විදුලිය හා චුම්භක සූත්‍ර අතර තිබෙන සමානකම් තවදුරටත් ගමන් කරනවා. ඔබ දන්නවා යම් ප්‍රතිරෝධී ද්‍රව්‍යයක ප්‍රතිරෝධය මැනීමට R =ρl/A යන සූත්‍රය යොදා ගන්නා බව (ρ යනු ද්‍රව්‍යයේ ප්‍රතිරෝධකතාවයි). මෙම සූත්‍රයම R = l/σA ලෙසටත් ලියනවා ( σ යනු ද්‍රව්‍යයේ සන්නායකතාවයි). එක සූත්‍රයක ප්‍රතිරෝධකතාවද අනෙක් සූත්‍රයට සන්නායකතාවද යොදාගෙන තිබෙනවා (σ = 1/ρ). මේ ආකාරයටම චුම්භකයක රිලක්ටන්ස් එකද ලිවිය හැකියි. එය පහත ආකාරයට සාධනය කළ හැකියි. විදුලියේදී සන්නායකතාව යනු විදුලි ධාරාව ගමන් කිරීමට ඇති පහසුතාව වන අතර, චුම්භකවලදී පාරගම්‍යතාව යනු චුම්භක ස්‍රාවය ගමන් කිරීමට ඇති පහසුතාව වේ.

$$R=\frac{mmf}{\Phi}$$

$$R=\frac{Hl}{BA} \qquad (mmf=Hl \text{ හා } \Phi=BA \text{ නිසා})$$

$$R=\frac{Hl}{uHA} \qquad (B=uH \text{ නිසා})$$

$$\boldsymbol{R=\frac{l}{uA}}$$

හරි ඔබ මෙතෙක් උගත් කරුණු අනුව කොයිලයක අගය තීරණය කරන අයුරු බලමු. මීට පෙර උගත් ෆැරඩේ නියමය හා අනෙක් කරුණු අනුව පහත ආකාරයට සූත්‍රයක් සාධනය කළ හැකියි,

$$emf=N\frac{d\phi}{dt}$$

$$emf=N\frac{d(BA)}{dt}=NA\frac{dB}{dt} \qquad (B=\frac{\phi}{A} \text{ නිසා})$$

$$emf=NA\frac{d(uH)}{dt}$$

$$emf=uNA\frac{d(N\mathrm{I}/l)}{dt}$$

$$\boldsymbol{emf=\frac{uN^2A}{l}(\frac{dI}{dt})}$$

තවද,

$$emf=L\frac{dI}{dt} \qquad \text{එමනිසා}$$

$$\boldsymbol{L=\frac{uN^2A}{l}}$$

ඉහත අවසාන සූත්‍රය තමයි අපට වැදගත් වන්නේ. මෙහි දිග (l) හා ක්ෂේත්‍රඵලය (A) පිළිවෙලින් මීටර් හා වර්ගමීටර්වලින් තැබිය යුතුය. තවද, මෙම සූත්‍රය අදාල වන්නේ හිඩැසක් නැතිව කම්බි වටයන් ළඟින් ළඟින් ඔතා ඇති කොයිල්වලටයි (කම්බි පොටවල් අතරේ හිඩැස් තබන්නෙ නැතිව). තවද, කම්බි එක

උඩ එක එතිය නොහැකියි. මෙවැනි කොයිල් "තනි ස්ථරයේ කොයිල්" (single-layer coil) ලෙස හැඳින්වේ.

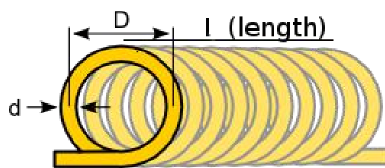
ඉහත සූත්‍රය අනුව වට ඈතින් ඈතට එතුවොත් (ඉන් l වැඩි වන බැවින්) ප්‍රේරණතාව අඩු වේ. මෙයින් පෙනෙනවා කොයිලයේ පොටවල් එහා මෙහා කිරීමෙන් ප්‍රේරණතාවත් වෙනස් වන බව. ටීවී බූස්ටර්වල එහෙම පවතින කුඩා කොයිල්වල පොටවල් මෙලෙස එහෙට මෙහෙට කරන විට, ටීවී එකේ දර්ශනයේ පැහැදිලිකම වෙනස් වන බව ඔබටම දැකිය හැකියි.

මෙම සූත්‍රයට අමතරව වෙනත් සූත්‍ර පොතපතේ සඳහන් වී තිබිය හැකියි. ඊට හේතු ඇත.

සමහර සූත්‍ර සකස් කර තිබෙන්නේ දිගවල් අඟල්වලින් දැක්විය යුතු විදියටයි. තවත් ඒවා සෙන්ටිමීටර් හෝ මිලිමීටර් හෝ අඩිවලින්ද දැක්විය යුතුය. මෙලෙස භාවිතා කරන ඒකක වෙනස් කරන විට, සූත්‍රය ටික ටික වෙනස් වේ (ඇත්තටම ඔබටම ඉහත සූත්‍රයෙන් එම වෙනස් සූත්‍ර සාදාගත හැකියි). සූත්‍රය වෙනස් වුවත්, නිවැරදි ඒකකවලින් ගණනය කරනවා නම්, අවසන් ප්‍රතිඵලය එකමයි.

තවද, ඉහත සූත්‍රයට වඩා වෙනස්ම ආකාරයේ සූත්‍රද තිබිය හැකියි. එහිදී යොදන පරාමිතීන්වල (parameter) වෙනස්කම් තමයි පවතින්නේ. උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත සූත්‍රයේ තිබූ පරාමිතීන් තමයි u (පාරගම්‍යතාව), N (වට ගණන), A (කොයිලයේ ක්ෂේත්‍රඵලය), හා l (කොයිලයේ දිග) වේ. එහෙත් පහත සූත්‍රය ඊට වෙනස්ය.

$$L \approx N^2 \mu_o \mu_r \left(\frac{D}{2}\right) \cdot \left(\ln\left(\frac{8 \cdot D}{d}\right) - 2\right)$$




මෙහි පරාමිතීන් ඊට පෙර සූත්‍රය වඩා වෙනස් නේද? මෙම සූත්‍රයටද දිගවල් මීටර්වලින් ලබා දෙන්න. හොඳින් මතක තබා ගන්න මෙම සූත්‍ර දෙකේ පරාමිතීන් වෙනස් වූවාට (ඒ කියන්නේ සූත්‍රද විශාල ලෙස වෙනස් වූවාට), අවසානයේ ලැබෙන්නේ ආසන්න වශයෙන් එකම පිළිතුරයි. පොටවල් අතර හිඩැස් නොතබා ඔතන්න.

තවද, ඉහත සූත්‍රය අනුව පෙනෙනවා වයරයේ ගේජ් එක අනුව ප්‍රේරණතාව වෙනස් වන බව. කම්බියේ ගේජ් එක අඩුවන විට ප්‍රේරණතාව වැඩි වේ. ඒ කියන්නේ යම් පරිපථයක ඔබට අහවල් ගේජ් එකේ කම්බියක් වටවල් අච්චර ප්‍රමාණයක් ඔතන්න යැයි කියා ඇති විටක, එම ගේජ් එකට වැඩි ගේජ් එකක් නම් ඔබ සතුව ඇත්තේ, වැඩිපුර වට ප්‍රමාණයක් එතිය යුතු බව පෙනෙනවා නේද? මෙලෙස මහත වැඩි කම්බියකින් ආදේශ කළත්, කියා තිබෙන කම්බි ගණකමට වඩා අඩු ගණකමක් සහිත කම්බියක් නම් යොදා ගන්න එපා (මොකද එවිට පරිපථයේ ගලා යා හැකි උපරිම ධාරාව අඩු වෙනවා). ඉහත සූත්‍රය යොදාගෙන එම අමතරව එතිය යුතු වටවල් ගණනද සොයා ගත හැකියි.

තවද, ඉහත සූත්‍ර දෙකෙහිම පැහැදිලිවම පෙනෙනවා කොයිල් එකේ රවුමේ විශාලත්වය වෙනස් වන විට, ඉන්ඩක්ටන්ස් එක වෙනස් වන බව. කොයිලයේ රවුම විශාල වන විට, ප්‍රේරණතාව වැඩි වේ. එනිසා, උදාහරණයක් ලෙස, පැන්සලක් වටා අච්චර ප්‍රමාණයක් වටවල් ඔතන්න කී විට, ඔබ එය කොසු

මීටක් වටා එතුවොත් ප්‍රශ්නයක් වේවි.

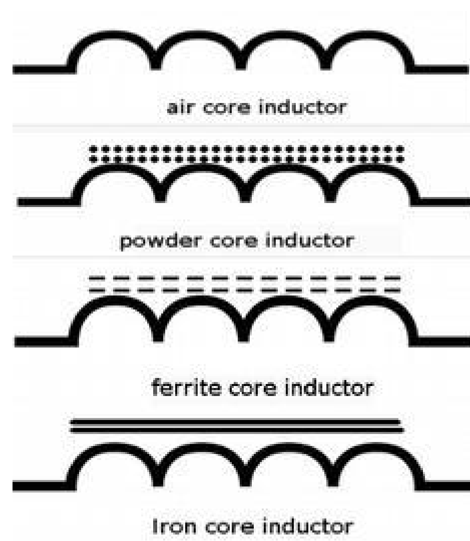
සෑම සූත්‍රයකම $u$ හෝ $u_r u_0$ ලෙස පාරගම්‍යතාවක් ඇත. මෙයත් ඉතා වැදගත් සාධකයක්. කොයිලය මැද තිබෙන ද්‍රව්‍ය වෙනස් වන විට, මෙම අගය වෙනස් වේ.

කිසිවක් කොයිලය තුල දමා නැති විට, එහි තිබෙන්නේ වාතයයි. එවිට වාතයේ (රික්තයේ) පාරගම්‍යතා අගය ඊට ආදේශ කළ යුතුයි.

වැඩි පාරගම්‍යතාවන් සහිත ද්‍රව්‍යක් තිබීමෙන් විශාල ලෙස ප්‍රේරණතාව වැඩි කල හැකියි. බහුලව යොදා ගන්නා එවැනි ද්‍රව්‍ය කිහිපයක් ඇත. ෆෙරයිට් (ferrite) හා මෘදු යකඩ (soft iron) ඒ අතර ප්‍රමුඛ වේ. මෙම ද්‍රව්‍ය සුමට "බට" ආකාරයට පවතිනවා (වෙනත් හැඩවලින්ද පවතිනවා). ඒවා කෝර් (core) ලෙසද හැඳින් වෙනවා. සමහර අවස්ථාවල සෙරමික්වලින් සෑදූ කෝර්ද ඇත. ඒවායෙන් පාරගම්‍යතාව වාතයට වඩා වැඩි නොවේ (එනම්, සෙරමික්හි සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව ආසන්න වශයෙන් 1 ට සමානය). එනිසා සෙරමික් කොර්වල ප්‍රයෝජනය වන්නේ කොයිලය පහසුවෙන් ඔතා ගැනීමට උදව් වීමයි. ඔබට අවශ්‍ය විෂ්කම්භය සහිත කෝර් එකක් ගෙන කම්බි ඒ වටා ඉතා තදින් එතිය යුතුය.



කෝර් එක අනුව ඉන්ඩක්ටරයේ සංකේතයද වෙනස් කරන සම්ප්‍රදායක් ඇත (ඉන්ඩක්ටර් පාඩමේ මුලම මෙම සංකේත සියල්ල දැක්වූවා). නැවතත් එම සංකේත පහත දැක්වෙනවා.



දළ වශයෙන් ඇලුමිනියම්, තඹ, රිදී, ඊයම්, ලී, කොන්ක්‍රිට්, ජලය, වාතය, රික්තකය යන සියල්ලෙහිම පාරගම්‍යතාව සමානය; එනම් සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව ($u_r$) එකට සමාන වේ. 99.8%ක් පිරිසිදු යකඩ වල සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතා අගය 5000 පමණද, 99.95% පිරිසිදු යකඩවල එය 200,000 පමණද, මෘදු වානේවල 2000 ක පමණ අගයක්ද, ෆෙරයිට්වල එම අගය සිය ගණනක් දක්වා විය හැකියි. යකඩ අඩංගු මිශ්‍ර ලෝහවලත් සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව එකට වඩා විශාල ලෙස වැඩිය. ඔබට ඉහත පෙනුන විදියටම, මෙම අගය එම ද්‍රව්‍යයේ පිරිසිදුබව හා ඊට මිශ්‍ර වී ඇති වෙනත් සංඝටක අනුව වෙනස් වෙනවා. එම කෝර් එකේ පවතින උෂ්ණත්වය මතද සුලු වශයෙන් තමන්ගේ පාරගම්‍යතා අගය වෙනස් කර ගන්නවා. මේ දැක්වූයේ දළ අගයන් පමණි.

ඒ විතරක්ද නොවේ, මෙම කෝර් එක ඉන්ඩක්ටරය හරහා ගලා යන සංඥාවේ සංඛ්‍යාතයටද සංවේදී වෙනවා. ඒ කියන්නේ සමහර ද්‍රව්‍ය අධිසංඛ්‍යාත සමග යොදන්නට බැහැ. ඒ එක් එක් ද්‍රව්‍ය සපෝට් කරන උපරිම සංඛ්‍යාතයක් පවතිනවා.

රික්තයකයට නම් මෙවැනි උපරිම සංඛ්‍යාතයක් නැත (ඊට ඕනෑම සංඛ්‍යාතයක් දැරිය හැකියි); මෙය කෝර් නොමැති ඉන්ඩක්ටර්වල තිබෙන ප්‍රබල වාසියකි.

මෙය තරමක් පැහැදිලි කර ගමු. ඒසී සංඥාවක් ඉන්ඩක්ටරය හරහා ගලා යන විට, කෝර් එක සෑදී තිබෙන අංශුද ධ්‍රැවීකරණයකට ලක් වෙනවා (ඒ කියන්නේ එක පැත්තකට ධාරාව ගලන විට, අංශු යම් දිශාවක් ඔස්සේ ස්ථාන ගත වෙනවා; ඊළඟ මොහොතේදී අනෙක් දිශාවට ධාරාව ගලන විට, අංශු තමන් සිටි දිශාවට විරුද්ධ පැත්තේ ස්ථාන ගත වෙනවා). අඩු සංඛ්‍යාතවලදී මෙය එතරම් ගැටලුවක් නැතිව කළ හැකි වුවත්, සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, අංශු එහාට මෙහාට ස්ථානගත වීම සඳහා හරි හැටි ගමන් කරන්නට බැරි වෙනවා. එවිට පාරගම්‍යතාව වෙනස් වෙනවා.

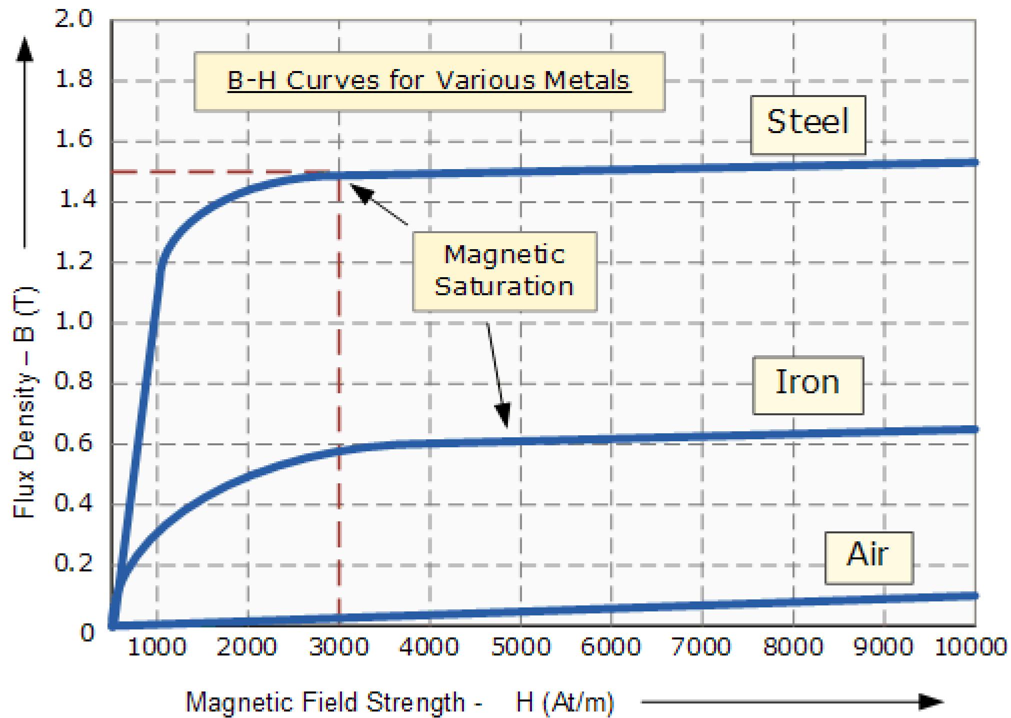
අඩු හෝ වැඩි හෝ ඕනෑම සංඛ්‍යාතයකදී අංශු ධ්‍රැවීකරණය වෙන බව පැහැදිලියිනෙ. අංශු එහාට මෙහාට නිකං සෙලවෙන්නේ නැත. ඊට බලයක්/ශක්තියක් වැය වෙනවා. මෙම ශක්තිය කෝර් එක විසින් ලබා ගන්නේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයෙනි; එනම් ඉන්ඩක්ටරයෙනි. මේ අනුව, කෝර් එකක් යොදන විට, ඉන්ඩක්ටරයෙන් යම් කුඩා ශක්තියක් අපතේ යන බව පැහැදිලියි නේද? සංඛ්‍යාතය වැඩි වන විට, එම අපතේ යන ශක්තියද වැඩි වෙනවා. මෙම අපතේ යන ශක්තිය අවසානයේ තාපය බවට පත් වෙනවා. එනිසා කෝර් රත් වෙනවා. එනිසා කෝර් සෑදීමට ගන්නා සෑම ද්‍රව්‍යකට තමන් සපෝට් කරන උපරිම සංඛ්‍යාතයක් තිබෙනවා.

තවද, චුම්භක ක්ෂේත්‍රයේ තීව්‍රතාවද කෝර් එකේ පාරගම්‍යතාවට බලපෑමක් ඇති කරනවා. මුලදී පෙන්වා දුන්නා B=uH යන සම්බන්ධතාව. යම් චුම්භකයක මෙම B හා H යන දෙකම එකවර පවතිනවා. මෙම සරල සූත්‍රය බැලූබැල්මට කියන්නේ ඔබ යම් (H හෝ B) අගයක් දන්නේ නම්, ඉතා පහසුවෙන්ම අනෙක් අගය සොයා ගත හැකියි කියාය. එහෙත් තත්වය එසේ නොවේ. ඊට හේතුව u නියතයක් නොවේ. උෂ්ණත්වය ආදී හේතු මත එය වෙනස් වූවා සේම, ස්‍රාව ඝනත්වය (B) මතද එය වෙනස් වෙනවා. එය සිදු වන්නේ මෙසේය.

## Hysteresis loop

යම් චුම්භකයක් (විද්‍යුත් චුම්භකයක්) ගන්න. එහි චුම්භකතාව (H) වැඩි කරගෙන යන්න. එවිට, B ද ඊට සමානුපාතිකව වැඩි වෙනවා යම් මොහොතක් දක්වා. එම මොහොත සංතෘප්ත අවස්ථාව (saturation point) ලෙස හැඳින්වෙනවා. මෙම සැචුරේෂන් පොයින්ට් එකට පසුව ස්‍රාව ඝනත්වය වැඩිවීම සුපුරුදු

පරිදි සිදු නොවේ. එනම්, H වැඩි වුවත් B වැඩි නොවන තරමය. පහත රූපයේ මෙය පැහැදිලිව දැක්වේ.

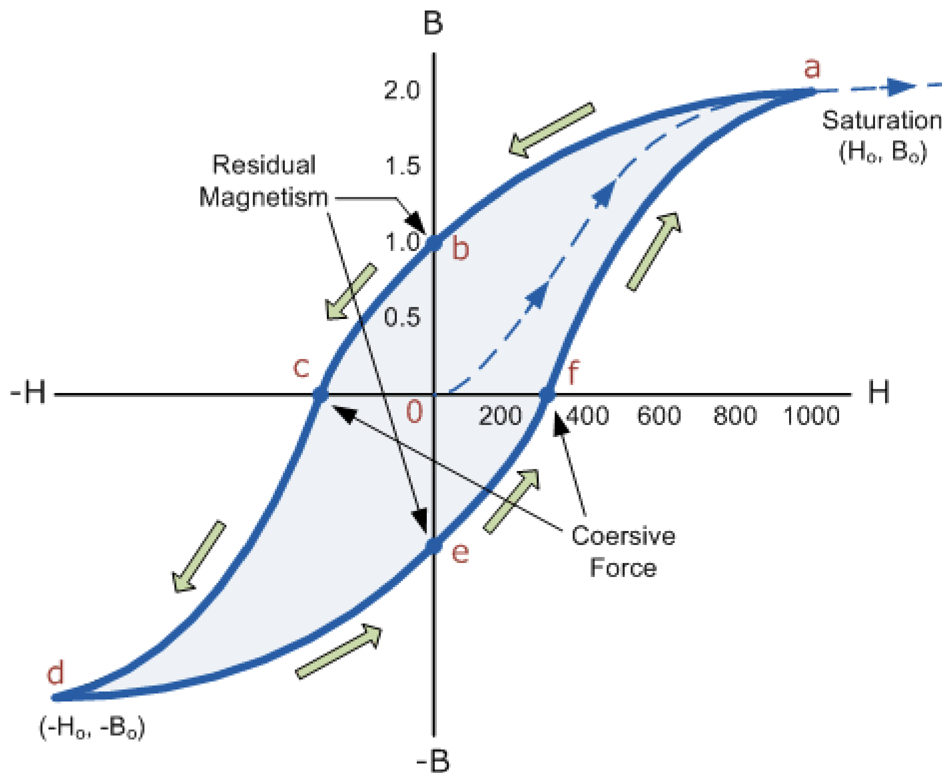



මෙය සිදු වීමට හේතුව සරල භෞතික විද්‍යාත්මක කාරණයකි. චුම්භකතාව (H) යනු සුපර්වයිසර් කෙනෙකි. එනම්, අනෙක් අය ලවා වැඩ කරවයි. එහෙත් සුපර්වයිසර්ට වුවත් මිනිසුන්ගෙන් වැඩගත හැකි උපරිම ප්‍රමාණයක් තිබේ. මෙවැන්නක්ම තමයි චුම්භකය තුළත් සිදු වන්නේ. H විසින් සිදු කරන්නේ චුම්භකය තුළ තිබෙන "කුඩා චුම්භක අංශු" ලවා වැඩ ගැනීමයි (එනම්, එක එක දිශාවලට පිහිටා තිබෙන එම අංශු H හි දිශාව ඔස්සේ පවත්වාගෙන යෑමයි (align)). මෙම අංශුවල ක්‍රියාකාරිත්වය තමයි ස්‍රාව ඝනත්වය ලෙසට අපට දිස්වන්නේ. ක්‍රමයෙන් H වැඩි කරගෙන යන විට තව තවත් එම අංශු "වැඩ කරයි"; එනම් B වැඩි වේ. එහෙත් එක්තරා අවස්ථාවකදී එම අංශු සියල්ලටම කළ හැකි උපරිම මට්ටම ළඟා වෙනවා. එවිට කොච්චර H (සුපර්වයිසර්) වැඩ කරන්න යැයි බල කළත් අංශුවලට ඊට වඩා වැඩක් කිරීමට බැරි වෙනවා. මෙම විස්තරය අනුව, B = uH නිසා, B හා H දිගටම ඒකාකාරව වෙනස් වෙනවා වෙනුවට එක එක සීඝ්‍රතාවලින් වෙනස් වෙනවා යන්නෙහි තේරුම u නියත අගයක් නොවන බවයි.

ඉහත අපූරු ක්‍රියාකාරිත්වය හඳුන්වන්නේ magnetic hysteresis කියාය. මෙය ඇත්තටම කරදරයකි ඉන්ඩක්ටර් සෑදීමේදී. යම් කෝර් එකක් වටා ඔතා තිබෙන කොයිලයක් ගමු. ඊට විදුලිය සපයා ක්‍රමයෙන් ධාරාව වැඩි කර ගෙන යන්න. එවිට ක්‍රමයෙන් H වැඩි වේගෙන යනවා. මෙම H වැඩි වේගෙන යන විට, B ද ක්‍රමයෙන් වැඩි වේගෙන යනවා (පහත රූපයේ O සිට a දක්වා කොටසින් පෙන්වන්නේ මෙයයි). එහෙත් සැචුරේෂන් පොයින්ට් එකේදී එම වැඩිවීමත් නවතිනවා (ඉහත විස්තර කළ පරිදි). ඉතිං ධාරාව තවදුරටත් වැඩි කරමින් H වැඩි කරගෙන යන එකේ තේරුමක් දැන් නැහැ.

දැන් ධාරාව නැවත ක්‍රමයෙන් අඩු කරගෙන යන්න. එවිට, H ද ක්‍රමයෙන් අඩු වේගෙන යනවා. එවිට, B ද ක්‍රමයෙන් අඩු වේගෙන යනවා. එහෙත් මෙහිදී B අඩු වෙන්නේ මුලින් (o සිට a දක්වා කොටස) වැඩි වූ සීඝ්‍රතාවෙන් නොව, ඊට වඩා අඩු සීඝ්‍රතාවකිනි. රූපයේ a සිට b දක්වා නිරූපණය කරන්නේ මෙයයි.

බලන්න b අවස්ථාවේදී H ශුන්‍ය වුවත්, යම් B අගයක් කෝර් එක තුළ පවතිනවා නේද? (එහෙත් ආරම්භයේදී H ශුන්‍ය වූ විට B ද ශුන්‍ය විය.) මින් කියන්නේ කුමක්ද? කෝර් එකේ යම් ස්‍රාව ඝනත්වයක් (B) පවතිනවා යැයි කියන්නේ එහි කාන්දම් ගතියක් පවතින බවයි. එනම් කෝර් එක දැන් කාන්දම් කැල්ලක් බවට පත් වෙලා (residual magnetism ලෙස එම කාන්දම් බලය හැඳින්වෙනවා). යම් යකඩ කැබැල්ලක් වටා කොයිල් කැබැල්ලක් ඔතා විදුලි ධාරාවක් කොයිලය හරහා යම් සුලු කාලයක් තිස්සේ යැවූ විට, එම යකඩ කැබැල්ල කාන්දම් කැල්ලක් බවට පත්වෙන බව බොහෝ විට ඔබ අත් දැක ඇති. ඉහතදී කෝර් එකට සිදු වූවෙත් එයයි (කොයිලයේ ධාරාව මොහොතක් යවා, ධාරාව නතර කළ පසු කෝර් එක කාන්දම් කැල්ලක් බවට පත් වී ඇත).




හරි, තවදුරටත් ඉහත ක්‍රියාකාරකම ඉදිරියට කරගෙන යමු. දැන් ධාරාව (ඒ කියන්නේ H) විරුද්ධ දිශාවට ක්‍රමයෙන් වැඩි කරගෙන යන්න (b සිට c දක්වා). දැන් කෝර් එකේ තිබූ කාන්දම් ගතිය ක්‍රමයෙන් අඩු වී ගෙන ගොස් ශුන්‍ය බවට පත් වේ (c අවස්ථාවේදී). තවදුරටත් මෙම දිශාවට ධාරාව වැඩි කරගෙන යන විට, B ද තමන් මුලින් සිටි දිශාවට විරුද්ධ දිශාව ඔස්සේ අලුත් ක්ෂේත්‍රයක් පවත්වා ගන්නවා (c සිට d දක්වා). මෙලෙස, ධාරාව වැඩි කරගෙන ගොස් යම් තැනකදී එම දිශාව ඔස්සේ සැචුරේෂන් පොයින්ට් එක හමු වෙනවා. ඒ කියන්නේ මෙම අවස්ථාවේදී කොච්චර H වැඩි කළත් B වැඩි වෙන්නේ නැත. නැවතත් ධාරාව තවදුරටත් වැඩි කරමින් H වැඩි කරගෙන යන එකේ තේරුමක් නැහැ මෙතැන් සිට.

දැන් නැවත ධාරාව ක්‍රමයෙන් ශුන්‍ය කරා ගෙන එන්න (d සිට e). මෙහිදීද පෙර සේම, ධාරාව නැවැත්වූ පසුත් කාන්දම් ගතිය කෝර් එකේ පවතිනවා. එහෙත් මෙහිදී කාන්දම (කෝර් එක) පෙර තිබූ උතුර හා දකුණ යන දෙක මාරු වෙලායි පිහිටන්නේ. දැන් ක්‍රමයෙන් නැවත ධාරාව විරුද්ධ පැත්තට වැඩි කරගෙන යන විට (e සිට a) B ද විචලනය වන අයුරු රූපයේ බලන්න.

a-b-c-d-e-f-a මඟින් දක්වන සංවෘත රූපය hysteresis loop හෝ magnetization curve යනුවෙන් හැඳින්වෙනවා. කෝර් සඳහා යොදාගත යුත්තේ හැකි තරම් මෙම හිස්ටරසිස් ලූප් එක පටු ද්‍රව්‍යයකි (එනම් a-b-c-d මඟින් නිරූපණය කරන වක්‍රය a-f-e-d වක්‍රයට සමපාත වන හෝ ඊට බොහෝ ළං වන ද්‍රව්‍ය).

මෙම රූපයේ පෙනෙන ආකාරයට කෝර් එක යම් B අගයකට පසුව සංතෘප්ත වන බව වටහා ගන්න. මෙම සංතෘප්ත වීම විදුලියේ ධන හා ඍණ පැති දෙකෙහිම සිදු වෙනවා.

තවද, විදුලි ධාරාව නිසා කෝර් එකේ යම් කාන්දම් බලයක් ඉතිරි වීමද ප්‍රශ්නයකි. ඊට හේතුව, ඒසී ධාරාව නිරන්තරයෙන් පැති මාරු කරනවා. එවිට, මේ සෑම පැති මාරු කිරීමකදීම ශක්තිය හානි වේ. මෙහෙම සිතන්න. එක පැත්තකට ධාරාව දැන් ගමන් කරනවා. එවිට ධාරාව නතර වුවත් කෝර් එකේ යම් කාන්දම් ශක්තියක් (residual magnetism) ඉතිරි වේ. ආපස්සට ධාරාව ගලන විට, එම අලුත් දිශාවට අලුතින් චුම්භක ස්‍රාව සනත්වය පිහිටු වීමට පෙර මුලින් විරුද්ධ පැත්තට යොමුවී තිබෙන ඉතිරි වූ කාන්දම් ශක්තිය ඉවත් කිරීමට සිදු වෙනවා. එසේ රෙසිඩුවල් කාන්දම් ශක්තිය ඉවත් කිරීමත් සිදු කරන්නේ විරුද්ධ පැත්තට යොමුව පවතින චුම්භකතාවක් (H) හෙවත් කාන්දම් ශක්තියක් විසිනි (මෙම කාන්දම් ශක්තිය coercive force, magnetic coercivity ලෙස හැඳින්වෙනවා).

හිස්ටරිසිස් ලූප් එක පටු වනවා යනු කොඅර්සිවිටි එක අඩුයි යන්නමයි. ඒ කියන්නේ කොඅර්සිවිටි අඩු ද්‍රව්‍යයක් තමයි කෝර් එකට යෙදිය යුත්තේ. එය ඉවත් කළ පසුයි, අලුත් දිශාවට ක්ෂේත්‍රය පිහිටුවිය හැක්කේ. ඉතිං මෙලෙස ශක්තියක් වැය කොට තිබූ කාන්දම් බලය ඉවත් කර අලුත් දිශාවට ස්‍රාව සනත්වය පිහිටනවා. එලෙසම, ධාරාවේ දිශාව නැවත මාරු වන විට, මෙම දිශාව ඔස්සේ ස්‍රාව සනත්වය පිහිටුවීමට පෙර, ඊට පෙර අවස්ථාවෙන් ඇති වූ (විරුද්ධ දිශාවට පිහිටි) කාන්දම් බලය අහෝසි කළ යුතු වෙනවා. මේ ආකාරායට දිගින් දිගටම ශක්තිය හානි වෙනවා මෙම ඉතිරි වූ කාන්කම් බලය ඉවත් කිරීමට. මෙම ශක්ති හානිය hysteresis loss යනුවෙන්ද හැඳින්වෙනවා. මෙම ශක්ති හානියම තමයි මීට පෙර සංඛ්‍යාතය ගැන කතා කරන විට හමු වූයේත්. සංඛ්‍යාතය වැඩිවන විට මෙම ක්‍රියාව වේගයෙන් සිදු වන නිසා වේගයෙන් (වැඩිපුර) ශක්ති හානිය සිදු වෙනවා.

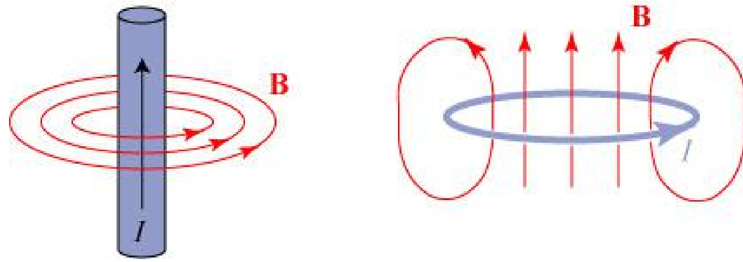
ඇත්තටම මට මෙහිදී පෙන්වා දීමට අවශ්‍ය වූයේ ශක්තිය හානිය සිදු වන වග පෙන්වීමටම නොවේ; සංතෘප්ත වීම පෙන්වීමයි. කෝර් එක සංතෘප්ත නොවන අයුරින් තමයි ඉන්ඩක්ටරය සෑදිය යුත්තේ. ඒ කියන්නේ ඔබගේ ඉන්ඩක්ටරයේ ඇති වන උපරිම B අගයට ඔරොත්තු දෙන (එනම්, එම B අගයේදිත් සංතෘප්ත නොවන) ද්‍රව්‍යයක් තමයි කෝර් එකට යෙදිය යුතු වන්නේ.

## එඩි කරන්ට්

කෝර් යොදන විට, ඇති විය හැකි තවත් සංසිද්ධියක් තමයි eddy current (සුළි ධාරා) කියන්නේ. පළමු වරට මෙම සංසිද්ධිය ගැන සොයා බැලූ විද්‍යාඥයාට ගරු කිරීමක් ලෙස, ඔහුගේ නමින් Foucault (ෆූකෝ) current ලෙසද මෙය නම් කෙරෙනවා. මෙය අපූරු සිදුවීමක් වුවත්, හැමවිටම වාගේ ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස්වලදී එඩි කරන්ට් එක අපට කරදරයක් ලෙසයි පවතින්නේ (එහෙත් එය වෙනත් ප්‍රයෝජනවත් වැඩවලට යොදාගතද හැකියි). ඊට හේතුව එඩි කරන්ට් නිසා ශක්තිය තාපය ලෙස හානි වීමයි (eddy loss ලෙස මෙම ශක්ති හානිය හැඳින්වේ). මේ ගැන විමසා බලමු.

එඩි කරන්ට් යන්නට එම නම ලැබී තිබෙන්නේ එම විදුලිය හැමවිටම පිහිටන්නේ රවුමක් (සුළියක්) ආකාරයෙන් නිසාය. ඊට හේතුව සරලය. ඔබ දන්නවා සරල රේඛීය කම්බියක් ඔස්සේ විදුලි ධාරාවක්

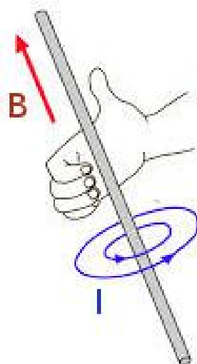
ගමන් කරන විට චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ඇති වන්නේ මුදු (රවුම්) ආකාරයටයි. තවද, රවුම් ආකාරයට විදුලි ධාරාවක් යැවිය හැකි නම්, එවිට චුම්භක ක්ෂේත්‍රය රේඛීයව ඇති වේ (කොයිලයේ චුම්භක ක්ෂේත්‍රය රේඛිය වන්නේ එහි ධාරාව ගමන් කරන්නේ රවුමට බැවිනි).




ඒ කියන්නේ ධාරාව හා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය යන දෙකෙන් එකක් රවුම් වන විට, අනෙක රේඛීය වේ. මේ අනුව, කොයිලයක රේඛීය චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් පවතින විට, ඉන් අසල ඇති රේඛීය සාමාන්‍ය කම්බියක/සන්නායකයක ඇති වන්නේ (අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය වන්නේ) රවුම් (සුළි) ධාරාවක් බව දැන් ඔබට තේරුම් යා යුතුය.

ඉතිං කෝර් එක වටා කම්බි ඔතා තිබෙන්නේ රවුමට බැවින් ධාරාව ගලා යන්නේ රවුමටයි. එනිසා ඇති වන චුම්භක ක්ෂේත්‍රය රේඛීය වේ. මෙම රේඛීය චුම්භක ක්ෂේත්‍රය නිසා ප්‍රේරණය වන්නේ රවුම් ආකාරයේ විදුලියකි. මෙලෙස කොයිලය මැදින් ඇති කෝර් එකේ අන්‍යොන්‍ය ප්‍රේරණය නිසා විදුලියක් ප්‍රේරණය වෙනවා (රවුම් ආකාරයට). මෙම ප්‍රේරිත විදුලියට තමයි සුළි ධාරාව කියන්නේ.

මෙලෙස ප්‍රේරණය වන සුලි ධාරාවේ දිශාව පහසුවෙන්ම සොයන්නට හැකියි දකුණත් රීතිය (හෝ ලෙන්ස් රීතිය) යෙදීමෙන්. රවුමට ගමන් කරන බැවින් එක්කෝ වාමාවර්තව නැතහොත් දක්ෂිණාවර්තවයි එම සුලි ධාරාව යොමුව පවතින්නේ. (ධාරාව හා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය අතර පවතින සම්බන්ධතාව හැමවිටම දකුණත් රීතිය මඟින් සොයා ගන්නට පුලුවන් එම ධාරාවන් හෝ චුම්භක ක්ෂේත්‍රයන් රේඛියව හෝ රවුමට හෝ පැවතියත්. එහෙත් මතක තබා ගන්න ධාරාව ගමන් කරන දිශාව හා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පවතින දිශාව හැමවිටම එකිනෙකට ලම්භක වේ.) චුම්භක ක්ෂේත්‍රය එක් රේඛාවකින් දැක්කුවෙත් (උතුර සිට දකුළට යන ලෙස), සුලි ධාරාව එම රේඛාව වටේට පිහිටනවා ලෙස ඔබට පෙනෙනවා නේද? (දකුණත් රීතිය එලෙසම යෙදිය හැකියි පහත ආකාරයට; මෙහිදී සාමාන්‍ය දකුණත් රීතියේ තිබූ ධාරාව හා චුම්භක ක්ෂේත්‍රය යන පද දෙක මාරු කර ඇති බව පෙනේ.)

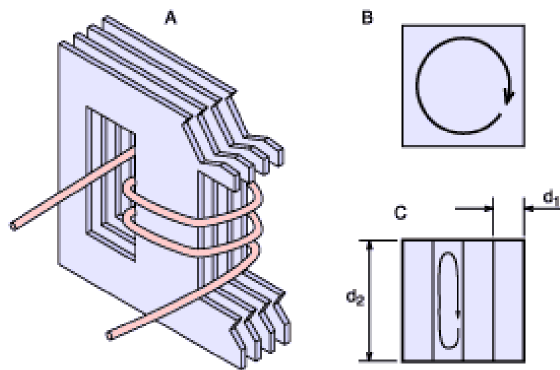



පෙර පෙන්වා දුන් පරිදි දිශාව පහසුවෙන් සෙවිය හැකි වුවත්, ඇත්තටම අපට සුළි ධාරාවේ දිශාව

වැදගත් නැත මොකද මෙම සුලි ධාරාවන් ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පරිපථ තුළ ප්‍රයෝජනවත් වැඩකට සාමාන්‍යයෙන් අප යොදා ගන්නේ නැති නිසා.

එහෙත් අපට යම් යම් උපක්‍රම යොදන්නට සිදු වෙනවා මෙම එඩී කරන්ට් එක අවම කර ගන්නට. ඒ ඇයි? කෝර් එක තුළ ප්‍රේරණය වන එඩී කරන්ට් එක (I) එලෙස කෝර් එක තුළ ගමන් කරනවා. කෝර් එකේ ඇත්තේ කුඩා ප්‍රතිරෝධකතාවක් වේ. එවිට ඕම් නියමය අනුව එඩී ධාරාව ඉහල යයි. ඒ කියන්නේ සුලි ධාරාව ගමන් කරන මුලු රවුම් මාර්ගය ඔස්සේම තිබෙන ප්‍රතිරෝධය (R) නිසා, $I^2R$ අනුව මෙම එඩී ධාරාව නිසා තාප උත්සර්ජනයක් සිදු වෙනවා. ධාරාව වර්ග පදයක් ලෙස තිබෙන බැවින් එඩී ධාරාව වැඩියි යනු ඉතා වැඩියෙන් තාප උත්සර්ජනයක් ඇති වෙනවා යන්නයි.

මෙම තාප උත්සර්ජනය අවම කිරීමට උපක්‍රමයක් ඇත. එනම්, කෝර් එකේ ප්‍රතිරෝධකතාව වැඩි කිරීමයි (එවිට ගලා යන ධාරාව අඩු වෙනවා; ධාරාව වර්ගපදයක් ලෙස පවතින බැවින් ධාරාව කුඩා ප්‍රමාණයක් අඩු වුවත් එහි බලපෑම විශාල වේ). එහෙත් මෙවිට, පාරගම්‍යතාවද වෙනස් (අඩු) විය හැකිය; එය ප්‍රශ්නයකි. එනිසා විදුලි ප්‍රතිරෝධය වැඩි කරන ගමන්ම චුම්භක පාරගම්‍යතාව (රිලක්ටන්ස් එක) නොඅඩු විය යුතුය. මෙය සිදු කරන පහසු හා හොඳ ක්‍රමයක් නම් කෝර් එක තනි "කුට්ටියක්" ලෙස සකස් නොකර, වටේට පරිවරණය කරන ලද සිහින් පතුරු (lamination) රාශියක් එකට ගෙන කෝර් එක සෑදීමයි.




මෙහිදී තනි කුට්ටියක් ලෙස පවතින කෝර් එක වෙනුවට සිහින් පතුරු එක ළඟින් ළඟින් තබා හොඳින් තද කර කෝර් එක සාදනවා (A). ඒ විතරක් නොවේ, මෙම පතුරු එකින් එක පරිවරණය කර තිබෙනවා. එවිට, එක් පතුරක සිට ධාරාවක් අනෙක් පතුරකට ගමන් කළ නොහැකියි. ට්‍රාන්ස්ෆෝමර්වල කෝර්වල ඔබට පහසුවෙන්ම මෙම පතුරු දැක ගත හැකියි. මෙම පතුරු සිහින් වැඩි වන තරමට එඩී ධාරාව අඩු වී තාප හානිය අඩු වේ. කෝර් රත් වීමට තවත් හේතුවක් මෙම එඩී කරන්ට් නිසා ඇති වන රත් වීමයි.

ලැමිනේෂන් පතුරු නිසා එඩී කරන්ට් එකෙන් ඇතිවන ශක්ති හානිය අඩු වන්නේ කෙලෙසද? ඉහත රූපයේ B වලින් දැක්වෙන්නේ ලැමිනේෂන් නැතිව තනි කුට්ටියක් ලෙස කෝර් එක පවතින විට, කෝර් එකේ ඇති වන සුලි ධාරාවකි. එය විශාලව පවතිනවා. මුලු කුට්ටිය පුරාම එම සුලිය පවතිනවා. ඉහත රූපයේම C වලින් දැක්වෙන්නේ ලැමිනේෂන් පතුරු ඇති විට සුලි ධාරාවක් ඇති වී තිබෙන අයුරුයි. එක් එක් පතුර පරිවරණය කර තිබෙන බැවින් එක පතුරක ඇතිවන සුලිය එම පතුර තුළ පමණක් පැතිරේ (අනෙක් පතුරුවලට ගමන් නොකරයි). ඒ කියන්නේ දැන් ඇති වන්නේ තනි විශාල සුලියක් නොව, එක් එක් පතුර තුළ කුඩා සුලි රාශියකි. විදුලි ධාරාවට මෙම පරිවරණය බාධාවක් ඇති කළද, චුම්භක ස්‍රාවයට ඉන් එතරම් බලපෑමක් නැත (එය අනිවාර්ය කොන්දේසියකි). බැලූබැල්මට

ඔබට පෙනේවි එක් එක් පතුර තුල ඇතිවන කුඩා සුලි ධාරාවන් සියල්ල එකතු කළ විට, පෙර තනි කුට්ටියේ ඇති වූ තනි විශාල සුලි ධාරාවට සමාන වේවි කියා. එහෙත් එසේ සිදුවන්නේ නැත. ඊට හේතුව මෙලෙස තර්ක කළ හැකියි.

ජූල් තාපන නියමය අනුව, යම් ප්‍රතිරෝධයක් දෙපස ඩ්‍රොප් වන විභයේ වර්ගයට සමානුපාතිකව තාප උත්සර්ජනය සිදු වේ ($P = V^2/R$). ඒ අනුව සුලි ධාරාවේ විභවයේ වර්ගයට අනුව ශක්ති හානිය සිදු වේ. තවද, ප්‍රේරණය වන සුලි විභවය චුම්භක ස්‍රාවයේ වෙනස්වීමේ සීඝ්‍රතාවට සමානුපාතික වේ (ෆැරඩේ නියමය). තනි කුට්ටියක් ලෙස කෝර් එක තිබූ විට, සම්පූර්ණ ස්‍රාවයම එම කුට්ටියේ රැඳේ. එහෙත් ලැමිනේෂන් ලෙස පවතින විට මෙම මුලු ස්‍රාවය ලැමිනේෂන් පතුරු අතරේ බෙදී යයි (පතුරුවල ගණකම සමාන නිසා ස්‍රාවය සමාන කොටස්වලට කැඩේ). එමනිසා ශක්ති හානිය අඩු වේ. උදාහරණයක් ඇසුරින් සංඛ්‍යාත්මකව මෙය බැලුවොත් ඔබට වඩාත් පැහැදිලි වේවි.

සිතන්න තනි කුට්ටියක් ලෙස තිබෙන විට ස්‍රාවය 8 ක අගයක් ගන්නවා කියා. ස්‍රාවයේ වෙනස්වීමට සමානුපාතිකව වෝල්ටියතාවක් ප්‍රේරණය වේ. එසේ ප්‍රේරණය වන විභවයද 8 ක් ලෙස ගමු (එකට එක ලෙස සමානුපාතයක් පවතිනවා ලෙස උපකල්පනය කරමු ගණනය කිරීමේ පහසුව තකා). මෙම වෝල්ටියතාවේ වර්ගයට සමානුපාතිකවයි ශක්ති හානිය සිදු වන්නේ. 8 හි වර්ගය 64 වේ. (එකට එක ලෙස සමානුපාතයක් මෙහිත් පවතිනවා යැයි උපකල්පනය කරමු ගණනය කිරීමේ පහසුව තකා). ඒ කියන්නේ තනි කුට්ටියක් ලෙස කෝර් එක පවතින විට ශක්ති හානිය 64 කි.

දැන් ලැමිනේෂන් පතුරු 4 කින් සෑදූ කෝර් එකක් ගමු. එවිට, මුලු ස්‍රාවයම 4 ට බෙදී එක් එක් ස්‍රාව කොටස් එක් එක් පතුර තුළ රැඳේ. එවිට එක් පතුරක් තුළ 8/4 = 2 ක ස්‍රාවයක් ඇත. දැන් මෙම ස්‍රාවය නිසා (පෙර උපකල්පනයම යොදා ගෙන) 2 ක වෝල්ටියතාවක් ප්‍රේරණය වේ. මෙම වෝල්ටියතාවේ වර්ගය ගෙන තාප හානිය සෙවිය හැකියි. එවිට එක් පතුරකින් තාප හානිය $2^2 = 4$ කි. පතුරු 4 හි මුලු හානිය 4x4 = 16 කි. ඒ කියන්නේ ලැමිනේෂන් පතුරු යොදා ඇති විට ශක්ති හානිය 16 කි; පෙර ලැබුණු 64 අගය නොවේ.

දැක්කද ශක්තිය හානි වීම විශාල ලෙස අඩු වී තිබෙනවා? එය 64/16 = 4 ගුණයකින් අඩුවී තිබෙනවා. ඇත්තටම මෙම 4 ගුණයට හේතුව පතුරු 4 ක් යෙදීමයි. පතුරු ගණනට සමාන ගුණයකින් ශක්ති හානිය අඩුවන බව තේරුම් ගන්න. ඒ කියන්නේ පතුරුවල ගණකම අඩුවන තරමට (එනම් පතුරු ගණන වැඩි වන තරමට) හානිය අඩු වේ.

මීටත් අමතරව තවත් උපක්‍රමයක් තිබෙනවා එඩි කරන්ට් එක නිසා ඇතිවන ශක්ති හානිය අවම කිරීමට. අපගේ කොන්දේසිය වූයේ විදුලි ප්‍රතිරෝධය වැඩි කර, චුම්භක පාරගම්‍යතාව අඩු නොකර තබා ගැනීමයි. යකඩ කුඩු වලට සිලිකන් කුඩු යම් ප්‍රමාණයක් මිශ්‍ර කිරීමෙන් යම් තරමකට මෙම කොන්දේසිය සපුරා ගත හැකියි (එහෙත් මෙහිදී පාරගම්‍යතාවද යම් ප්‍රමාණයකින් අඩුවේ.) සිලිකන් යකඩ කුඩු මිශ්‍රණය සහිත කෝර් පවතිනවා. Silicon Steel හෝ transformer iron හෝ electrical iron හෝ armature iron යන නම්වලින් මෙම මිශ්‍රණය හැඳින්වෙනවා. එඩි ලොස් එක පමණක් නොව, හිස්ටරසිස් ලොස් එකද සිලිකන් මිශ්‍ර කිරීම නිසා අඩු වේ.

එඩි ලොස් එක සංඛ්‍යාතයේ වර්ගයට හා චුම්භක ස්‍රාව ඝනත්වයේ වර්ගයට සමානුපාතික වේ (eddy loss is proportional to $B^2f^2$). ඇත්ත වශයෙන්ම ඉහතදී සලකා බැලූ චර්මීය ආවරණය සිදු වන්නේද කම්බිය තුළ (ස්වයංව) සිදුවන මෙම එඩි කරන්ට් එකේ බලපෑම නිසයි. කොයිලයේ/කෝර් එකේ උෂ්ණත්වය වැඩි වූ විට, එය කෝර් එකේ පාරගම්‍යතාවට බලපාන බවද මුලින් සඳහන් කළා.

උෂ්ණත්වය වැඩි වීමේදී ක්‍රමයෙන් පාරගම්‍යතාව අඩු වේගෙන ගොස් එක්තරා උෂ්ණත්වයකදී සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව 1 බවට පත් වේ. මෙම උෂ්ණත්වය Curie temperature ලෙස හැඳින්වෙනවා. එක් එක් ද්‍රව්‍යයට ඊටම ආවේණික කියුරි උෂ්ණත්වයක් තිබේ. උදාහරණයක් ලෙස, යකඩවල කියුරි උෂ්ණත්වය සෙල්සියස් 1040 පමණය. යම් ද්‍රව්‍යයක් තමන්ගේ කියුරි උෂ්ණත්වය හෝ ඊට වැඩි උෂ්ණත්වයකට ළඟා වූ විට, තමන් සතුව යම් කාන්දම් ශක්තියක් තිබුණි නම්, එය ඉවත් වී යයි. කාන්දම් කැබැලි රත් කරන විට, එහි කාන්දම් ගතිය අඩු වෙන්නේද මෙම හේතුව නිසා තමයි.

එහෙත් මෙම උෂ්ණත්වයේදී තිබියදී වුවද, එම ද්‍රව්‍යය හරහා විදුලි ධාරාවක් යවා එය විද්‍යුත් චුම්භකයක් බවට පත් කළ හැකියි.

ඇත්තටම මෙම විස්තර වඩාත්ම වැදගත් වන්නේ අන්‍යෝන්‍ය ප්‍රේරණය සහිත අවස්ථාවලටයි (විශේෂයෙන් ට්‍රාන්ස්ෆෝමර්වලට). එහෙත් ට්‍රාන්ස්ෆෝමර් ආදිය ගැන මෙම පාඩම් මාලාවේදී කතා නොකරන බැවින් වැඩි දුරටත් මෙම මාතෘකාව ගැන සාකච්ඡා නොකෙරේ.

දැන් බලමු වෙනත් ආකාරයේ ඉන්ඩක්ටර්වලට යෙදිය හැකි සූත්‍ර ගැන.

පහත දැක්වෙන්නේ ලූප් (රවුමක) එකක ප්‍රේරණතාවයි.

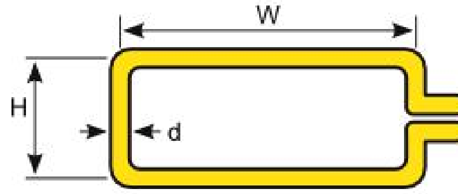
$$L_{loop} \approx \mu_o \mu_r \left(\frac{D}{2}\right) \cdot \left(\ln\left(\frac{8 \cdot D}{d}\right) - 2\right)$$

පහත ඇත්තේ ඝන සිලින්ඩරයක ප්‍රේරණතාවයි.

$$L = 2l\left(\ln\left(\left(\frac{2l}{d}\right)\left(1+\sqrt{1+\left(\frac{d}{2l}\right)^2}\right)\right) - \sqrt{1+\left(\frac{d}{2l}\right)^2} + \frac{\mu}{4} + \left(\frac{d}{2l}\right)\right)$$

දිගවල් සෙන්ටිමීටර් වලින්

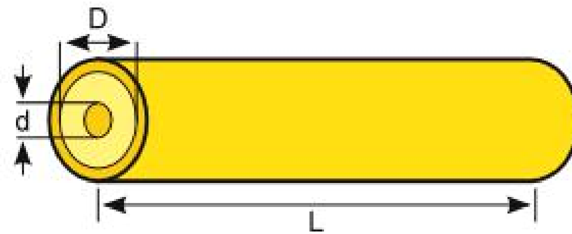
පහත ඇත්තේ හතරැස් ලූප් එකක ප්‍රේරණතාවයි.




$$L_{rec} = \frac{\mu_o \mu_r}{\pi}\left[-2\left(w+h\right) + 2\sqrt{h^2+w^2} + temp\right]$$

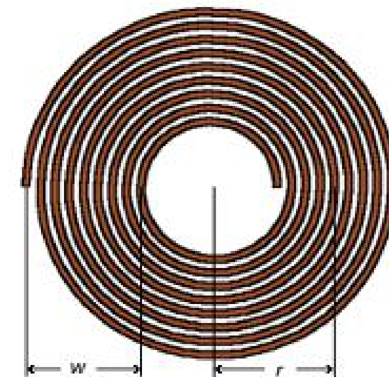
$$temp = -h\ln\left(\frac{h+\sqrt{h^2+w^2}}{w}\right) - w\ln\left(\frac{w+\sqrt{h^2+w^2}}{h}\right) + h\ln\left(\frac{2h}{d}\right) + w\ln\left(\frac{2h}{d}\right)$$

කොඇක්සියල් සිලින්ඩරයක ප්‍රේරණතාව පහත දැක්වේ.




$$L_{coax} \approx \frac{\mu_o \mu_r}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D}{d}\right) \cdot L$$

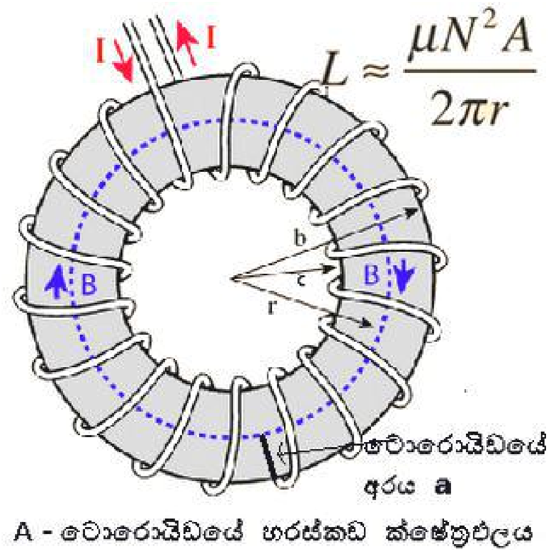
සර්පිලාකාර සන්නායක කොයිලයට ප්‍රේරණතාව පහත දැක්වේ.




$$L(\text{in uH}) = \frac{r^2 N^2}{8r + 11w}$$

ඉහත spiral coil (සර්පිලාකාර කොයිලය) සඳහා වූ සූත්‍රයට r, w සඳහා අගයන් අඟල්වලින් ලබා දී ඇත. W යනු කොයිලයේ පිටම වටය හා ඇතුලතම වටය අතර දුර ප්‍රමාණය වන අතර, r යනු කොයිලයේ මධ්‍යයේ සිට ගණනය කරන දුර ප්‍රමාණයයි (කිසිදු කම්බියක් නැති අරයත්, w/2 කුත් එකතු කළ විට එය ලැබේ).

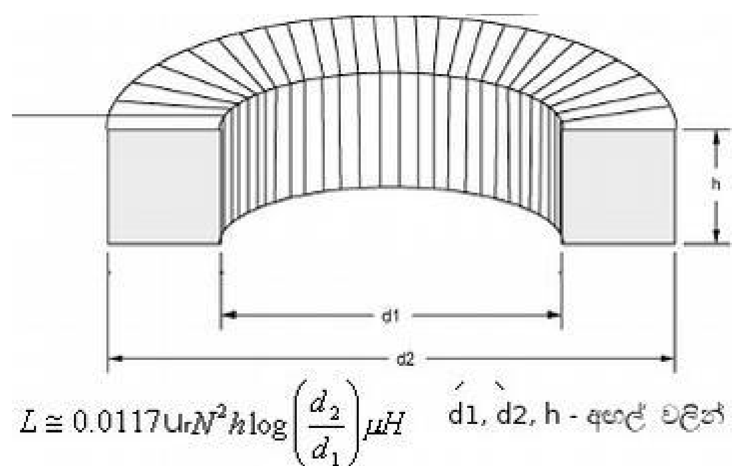
## ටොරොයිඩ් කොයිලයක ප්‍රේරණතාව




ඉහත සූත්‍රය නිවැරදි වන්නේ ටොරොයිඩයේ අරය (a) කොයිලයේ අරය (r) ට වඩා බොහෝ කුඩා වූ විටයි. තවද, එහි අරයන් මීටර්වලින්ද, ප්‍රේරණතා අගය හෙන්රිවලින්ද පවතී. ඉහත ටොරොයිඩ් කොයිල් එකටම පහත සූත්‍රයද යෙදිය හැකියි. මෙහි r හා a සෙන්ටිමීටර් වලින් ලබා දිය යුතු අතර, ලැබෙන ප්‍රේරණතා අගය මයික්‍රොහෙන්රි වේ. ඉහත සූත්‍රයේදී මාධ්‍යයේ පාරගම්‍යතාව යොදන අතර, පහත සූත්‍රයේදී යොදන්නේ මාධ්‍යයේ සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව බව මතක තබා ගන්න.

$$L \simeq 0.0126 u_r N^2 \left(r - \sqrt{r^2 - a^2}\right) \qquad (uH \text{ වලින් අගය ලැබේ.})$$

ඉහත ටොරොයිඩ් එකේ හරස්කඩ ක්ෂේත්‍රඵලය වෘත්තාකාර වේ. ටොරොයිඩයේ හරස්කඩ ක්ෂේත්‍රඵලය හතරැස් නම්, පහත සූත්‍රය යෙදිය යුතුය. මෙහිද මාධ්‍යයේ සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතා අගයයි ලබා දිය යුත්තේ.




කොයිලයක් තුළින් ගලා යා හැකි උපරිම ධාරාවක් ඇත. එය කොයිලය සෑදීමට යොදා ගන්නා කම්බියේ ගේජ් එක මත රඳා පවතී. මෙම ධාරාව rated current හෝ maximum current යනුවෙන් හැඳින්වේ.

කොයිලය තුළින් උපරිම ධාරාවට වඩා වැඩි ධාරාවක් ගලා ගියොත් කොයිලය පිලිස්සී යා හැකියි. ඊට පෙර කොයිලයේ ආලේපිත පරිවාරක කොටස් පිලිස්සී යා හැකියි. එවිට කොයිල්වල පොටවල් එකිනෙකට ෂෝට් වේ.

ඇත්තටම ඕනෑම තැනක rated යන විශේෂණ පදය සහිතව ධාරාවක්, වෝල්ටියතාවක් ආදිය සඳහන් කර ඇති විට, එහි තේරුම "උපරිම" යන්නයි.

කොයිලයක පොටවල් ගණන වැඩි වන විට, උපරිම ධාරාව අඩු වේ; ස්ට්‍රේ කැපෑසිටන්ස් වැඩි වේ; ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් වැඩි වේ; කොයිලයේ කිව් අගය අඩු වේ. පොටවල් ගණන වැඩි කරන්නේ ඉන්ඩක්ටන්ස් එක වැඩි කිරීමටනෙ. එහෙත් පොටවල් වැඩි නොකර, වැඩි පාරගම්‍යතාවක් සහිත කෝර් එකක් යෙදීමෙන්ද කොයිලයේ ඉන්ඩක්ටන්ස් වැඩි කළ හැකියි. එවිට, උපරිම ධාරාව, ස්ට්‍රේ රෙසිස්ටන්ස් හා කැපෑසිටන්ස්, කිව අගය ආදිය වෙනස් නොවේ.

එහෙත් කොයිලයට කෝර් එකේ බලපෑම වැඩි වන විට (එනම් පාරගම්‍යතාව වැඩි වන විට), කොයිලය තුළින් ගමන් කරන සංඥාවට විදුලි සෝෂාවද වැඩි වැඩියෙන් එකතු වන බව මතක තබා ගන්න.

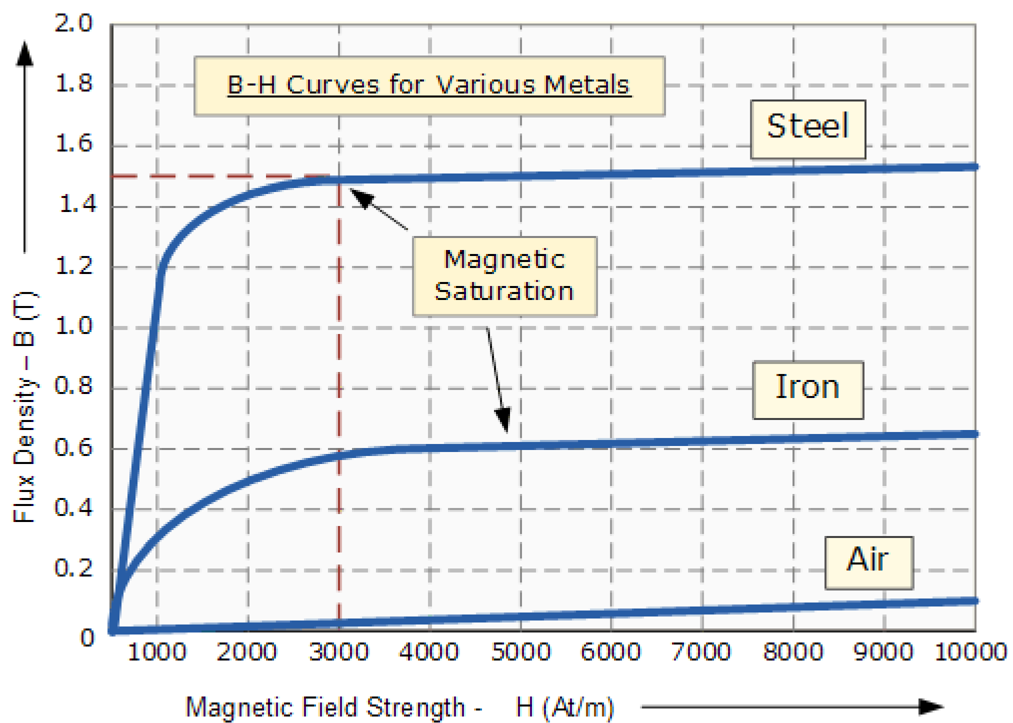
ඉහත ක්‍රමවලට අමතරව, තවත් විවිධාකාරයේ හැඩවලින් යුතු කොයිල් සෑදිය හැකි අතර, ඒ සෑම එකක් සඳහාම ඊටම සුවිශේෂී වූ සූත්‍ර ගණනාවක්ම පවතී.

## Gapped core inductor

අවසාන වශයෙන් තවත් විශේෂිත ආකාරයක ඉන්ඩක්ටරයක් ගැන බලමු. මෙම කොයිලයේ විශේෂත්වය වන්නේ යොදාගන්නා කොර් එකේ යම් තැනක හිඩැසක් (gap) තිබීමයි (පහත රූපය).



ඉන්ඩක්ටරයක් සඳහා මෙවැනි කෝර් එකක් යොදන්නේ ඇයි? සාමාන්‍යයෙන් කෝර් එකක් යොදා ගන්නේ පාරගම්‍යතාව වැඩි කිරීමෙන් ඉහල ප්‍රේරණතාවක් ලබා ගැනීමටයි. එහෙත් මෙලෙස යොදන කෝර්වල විවිධ ගැටලු ඉහතදී අප දුටුවා. කෝර් එක සංතෘප්ත වීම (saturation), උෂ්ණත්වය අනුව පාරගම්‍යතාව වෙනස් වීම මේ ගැටලු අතර වූවා. තවත් ප්‍රධාන ගැටලුවක් තමයි H වැඩි කරගෙන යන විට, B අරේඛීයව (non-linear) වැඩි වීම.




ඒ කියන්නේ මුලදී H වැඩි කරන විට B යම් වේගයකින් වැඩි වෙනවා. ඉන්පසු ක්‍රමයෙන් මෙම වේගය අඩු වෙනවා. ඒ කියන්නේ විශාල H අගයන්හිදී B හි වැඩි වීම සිදු වන්නේ අඩුවෙන්. තවත් H වැඩි කරගෙන යැමේදී B තවදුරටත් වැඩි වන්නේ නැති තත්වයකට පත් වෙනවා (සංතෘප්ත අවස්ථාව).

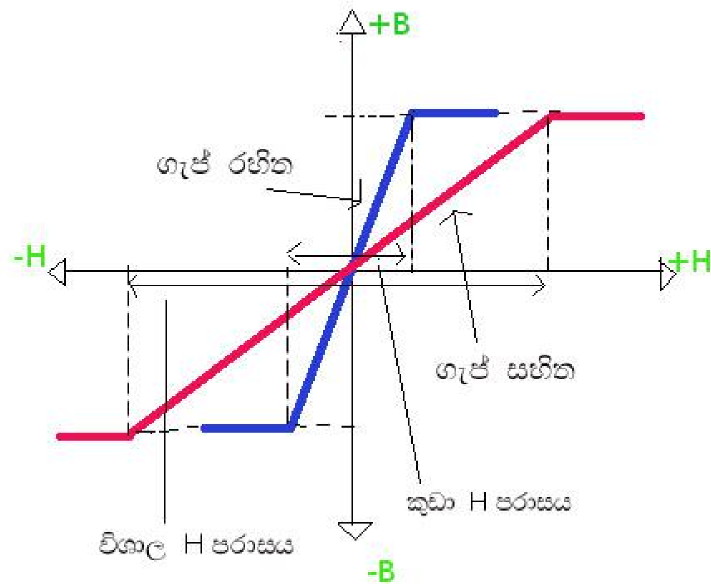
ඔබ දන්නවා කෝර් එකේ H අගය වෙනස් වෙන්නේ කොයිලය හරහා යන ධාරාව වෙනස් වූ විටයි (H කොයිලයේ පොටවල් ගණන හා කොයිලයේ දිග අනුව වෙනස් වුවත්, කොයිලය නිර්මාණය කළාට පසු ඒවා විචලනය නොවන නිසා එම සාධක නොසලකා හැරිය යුතුයි; එහෙත් ධාරාව එසේ නොවේ; ධාරාව ඕනෑම විට විචලනය විය හැකියි). ඒ කියන්නේ විචලනය වන ධාරාවක් යවන විට, (සංඥාවේ) ධාරා තරංගයේ විස්තාරයේ විවිධ තැන්වලදී (අරේඛීයව B වැඩි වීම නිසා) ප්‍රේරණතාව වෙනස් වෙනවා. මෙය අවසානයේදී සංඥාවේ විකෘති වීමට බලපානවා.

කිසිදු කෝර් එකක් නොයොදන්නේ නම් මේ කිසි ගැටලුවක් නැහැ. කෝර් නොමැති (එනම් වාතය කෝර් එක ලෙස යොදාගත්) විට, සංතෘප්ත වීමේ ප්‍රශ්නය නැත (මොකද සංතෘප්ත වන්නට මාධ්‍යයක් නැත). තවද, H ට සාපේක්ෂව B විචලනය වීම රේඛීයව එහි සිදු වෙනවා. ඔබ දන්නවා වාතයේ පාරගම්‍යතාව ඉතාම අඩුයි. එනිසා කෝර් එකක් නොමැති විට ප්‍රේරණතාව ඉතාම අඩු වෙනවා; ඒක තමයි ප්‍රශ්නෙ.

කෙසේ හෝ වේවා ඉහතදී සඳහන් කළ දෝෂ අවම කිරීමට තමයි ගැප් කෝර් යොදා ගන්නේ. එනිසා, කෝර් එකක කුඩා වාත හිඩැසක් (air gap) තැබූ විට, කෝර් එකට මෙම වාතයේ තිබෙන හොඳ ගතිලක්ෂණවල බලපෑම ලැබෙනවා. ඒ කියන්නේ දැන් කෝර් එකේ තිබ්බාට වඩා හොඳ රේඛීය H-B විචලනයක් ලබා ගත හැකියි. එනමුත් හොඳ ගතිගුණ වගේම වාතයේ නරක ගතිගුණත් ඊට හිමි වෙනවා. එනම්, කෝර් එකේ පාරගම්‍යතාව අඩු වී ඉන්ඩක්ටරයේ ප්‍රේරණතාව අඩු වෙනවා. කෝර් එකේ පිහිටුවන ගැප් එකේ විශාලත්වය අනුව වාතයේ බලපෑම කොතෙක් කෝර් එකට ලබා දිය යුතුදැයි තීරණය කරනවා. එනම්, ගැප් එක විශාල නම්, වාතයේ බලපෑම කෝර් එකට වැඩියෙන් දැනෙනවා (ඒ

කියන්නේ රේඛීය ක්‍රියාකාරිත්වය තව තවත් වැඩි වන නමුත් ප්‍රේරණතාව තව තවත් අඩු වෙනවා).

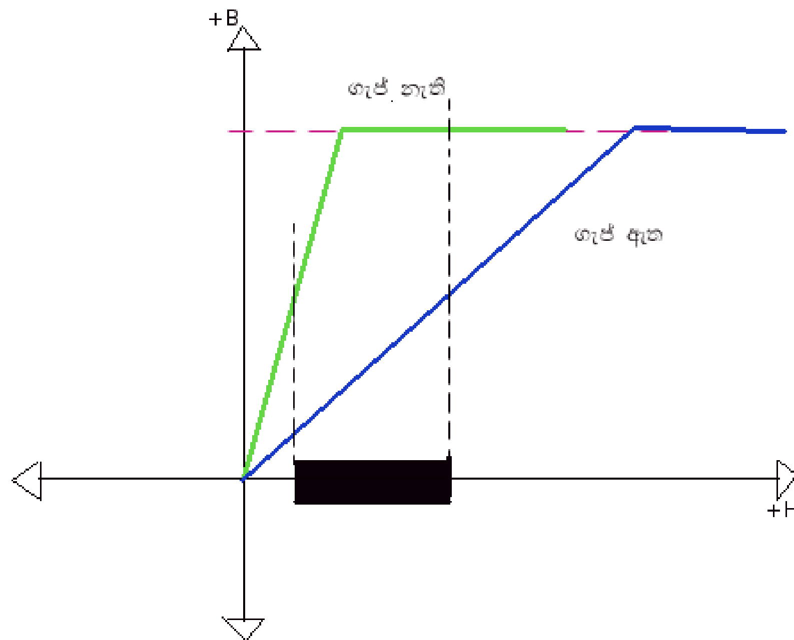
යම් කෝර් එකක් ගන්න. එහි H වැඩි කරගෙන යන විට B ද ක්‍රමයෙන් වැඩි වෙනවා (පහත රූපයේ නිල්පාටින් දැක්වෙන වක්‍රයෙන් පෙන්වන්නේ ගැප් එකක් නැති විට H ට සාපේක්ෂව B වෙනස්වන ආකාරයයි). එය යම් කිසි B අගයකදී සංතෘප්ත මට්ටමට පැමිණෙනවා. තවද කෝර් එකෙහි ගැප් එකක් අලුතින් ඇති කළත් මෙම සංතෘප්ත වන B අගය නම් වෙනස් නොවේ. ඒ වෙනුවට H ට සාපේක්ෂව B වෙනස්වන වේගය පමණක් අඩු වේ. එනම්, වක්‍රයේ ස්ලොප් එක අඩු වේ. ගැප් එක විශාල වන්නට වන්නට මෙම වේගය/ස්ලොප් එක අඩු වේ (පහත රූපයේ රතු පාටින් දැක්වෙන වක්‍රයෙන් මෙය නිරූපණය වේ).




ඉහත රූපයෙනුත් පැහැදිලිවම පෙනෙනවා ගැප් එකක් ඇති කිරීමෙන් කෝර් එක සංතෘප්ත වන B අගය ඉහල නොයන බව (බොහෝ අය විශ්වාස කරන්නේ ගැප් එකෙන් සංතෘප්ත වන B අගය ඉහළ දැමිය හැකි බවයි; එහෙත් එය සම්පූර්ණයෙන්ම වැරදි විශ්වාසයක්). එහෙත් ගැප් එක නිසා විශාල H පරාසයක් අපට ලබා ගත හැකියි කෝර් එක සංතෘප්ත වන්නට පෙර. ඒ කියන්නේ පෙරට වඩා කොයිලය හරහා විචලනය විය හැකි ධාරා ප්‍රමාණය දැන් වැඩියි (H අගය ධාරාවට සමානුපාතික නිසා). උපමාවකින් කියතොත් ගැප් එක නිසා දැන් සෙල්ලම් කරන්නට විශාල පිට්ටනියක් ලැබුණා වාගේ (හොඳට දුවපැන යන්නට විශාල ප්‍රදේශයක්/පරාසයක් දැන් තිබෙනවා).

ඔබගේ පරිපථයේ නිතරම යම් (නියත) ධාරාවක් ගමන් කරනවා යැයි සිතන්න (මිලිඇම්ප් 50 ක් ලෙස උදාහරණය සඳහා ගමු). මෙම ධාරාව නිසා ඇතිවන චුම්භකතාව H යැයිද සිතමු. එම පරිපථයේ කොයිලයේ යම් කෝර් එකක් ඇතැයිද සිතන්න. එහෙත් මෙම කෝර් එක ඉහත H අගයේදී සංතෘප්තව පවතිනවා යැයි උපකල්පනය කරමු (පහත රූපයේ කොළපාට වක්‍රය බලන්න). ඒ කියන්නේ මෙම කෝර් එක මෙම පරිපථය සඳහා ගැලපෙන්නේ නැහැ. දැන් එක්කෝ ධාරාව අඩු කළ යුතුයි; නැතිනම් කෝර් එක වෙනස් කළ යුතුයි. පරිපථයේ ධාරාව අඩු කිරීම කළ නොහැක්කක් මොකද එය දැනටමත් පරිපථයේ වෙනත් උපාංග විසින් නිශ්චය කරගත් දෙයක් නිසා. එවිට, ඔබට ඉතිරි වන්නේ මෙම ධාරා ප්‍රමාණයට ඔරොත්තු දෙන, එනම් මෙම ධාරා ප්‍රමාණය නිසා ඇතිවන H අගයට ඔරොත්තු දෙන

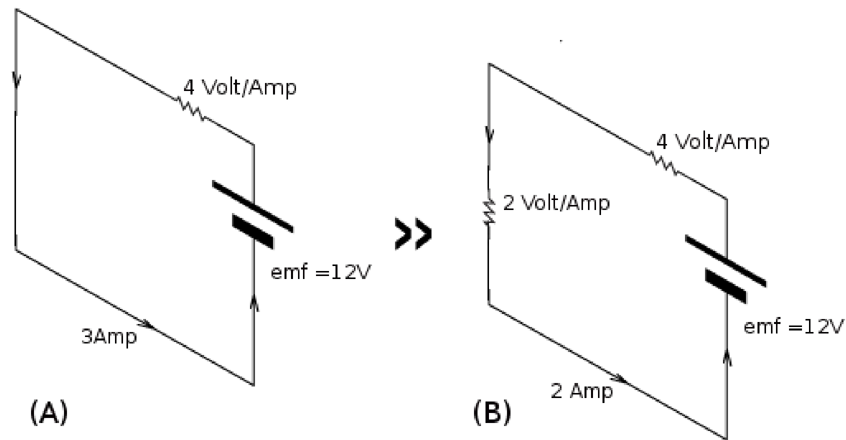
(සංතෘප්ත නොවන) කෝර් එකක් සොයා ගැනීමයි. එහෙත් මෙලෙස කෝර් එක මාරු නොකර එහි එයාර් ගැප් එකක් ඇති කිරීමෙන්ද එම අරමුණ ඉටු කර ගත හැකියි (නිල්පාට වක්‍රය). කලුපාටින් පෙන්වා තිබෙන්නේ H අගය (ධාරාව) විචලනය වන පරාසයයි. බලන්න මෙම කලුපාටින් පෙන්වා තිබෙන පරාසය තුළ H විචලනය වන විට, ගැප් එකක් නැති කෝර් එක සංතෘප්ත මට්ටම පත් වුවත්, ගැප් එක සහිත විට සංතෘප්ත මට්ටමට පත් නොවේ.



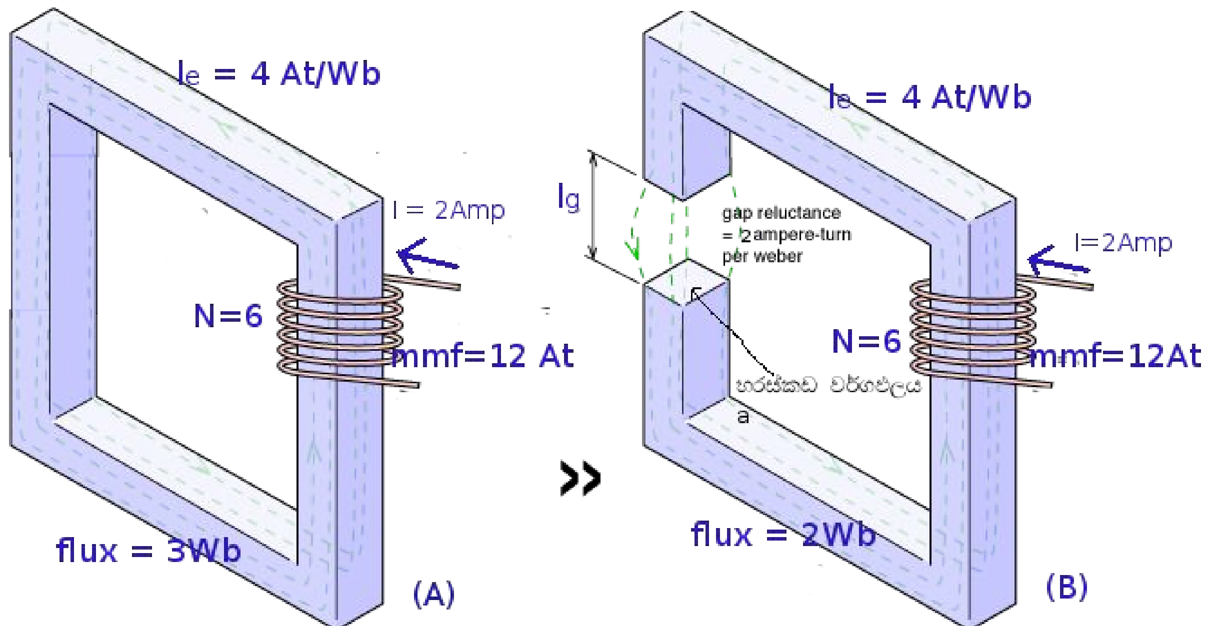

ප්‍රතිරෝධක දෙකක සමක අගය සොයන ආකාරයටම මැග්නටික් සර්කිට් එකක රිලක්ටන්ස් දෙකක (හෝ කිහිපයක) සමක අගය සෙවිය හැකියි. හැමවිටම වාගේ අපට හමුවන්නේ ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ රිලක්ටන්ස් දෙකකි (සමාන්තරගතවද අවශ්‍ය නම් සම්බන්ධ කළ හැකි බවද මතක තබා ගන්න; එවිට සමාන්තරගතව සම්බන්ධ කළ ප්‍රතිරෝධක දෙකක සමක අගය සොයන ආකාරයට සමක රිලක්ටන්ස් අගය සෙවිය යුතුය). ඒ අනුව, ශ්‍රේණිගතව සම්බන්ධ කළ රිලක්ටන්ස් දෙකක සමක රිලක්ටන්ස් එක වන්නේ,

සමක රිලක්ටන්ස් අගය = රිලක්ටන්ස් 1 + රිලක්ටන්ස් 2

තව දුරටත් ගැප් එක ගැන විමසා බලමු. ගැප් එක ගැන පැහැදිලි කර ගැනීමට තිබෙන පහසුම ක්‍රමය නම්, එය සරල විදුලි පරිපථයක් සමග සංසන්දනය කිරීමයි. පහත රූපයේ (A) බලන්න. මෙහි ඕම් 4 ක රෙසිස්ටරයක් ඇත (රූපයේ ඕම් යන ඒකකය වෙනුවට Volt/Amp යන සංයුක්ත ඒකකය යොදාගෙන ඇති බව සලකන්න; R = V/I නිසා මෙම ඒකකය ලැබේ). සිතන්න මෙම ධාරා ප්‍රමාණය ඇම්පියර් 2 ක් දක්වා අඩු කළ යුතුයි කියා. ඒ සඳහා ඔබට හැකියි තවත් රෙසිස්ටරයක් ශ්‍රේණිගතව යොදන්න. ධාරාව ඇම්පියර 2 ක් නම්, ඕම් 4 රෙසිස්ටරය හරහා එම ධාරා ප්‍රමාණය ගමන් කරන විට, රෙසිස්ටරය දෙපස වෝල්ට් 2x4 = 8 ක් රැඳේ. එවිට ඉතිරි වෝල්ට් 12 – 8 = 4 ඩ්‍රොප් වීමට අලුතින් එකතු කළ යුතු රෙසිස්ටරයේ අගය විය යුත්තේ 4/2 = 2 ohm වේ. මෙම නව පරිපථය (B) වලින් පෙන්වයි.




මේ ආකාරයටම හොප්කින්සන්ස් ලෝ එක අනුව චුම්භක පරිපථයක් ගැන විමසමු (චුම්භක පරිපථයක් යනු චුම්භකගාමක බලයක් හේතුවෙන් යම් මාධ්‍යයක් ඔස්සේ චුම්භක ස්‍රාවය ගමන් කරන සංවෘත පථයකි; විශ්ලේෂණ අවශ්‍යතා සඳහා පමණයි චුම්භක පරිපථ යොදා ගන්නේ). දැන් පහත රූපයේ (A) හි දැක්වෙන ගැප් එක නැති කෝර් එක ගැන සිතමු. මෙහි කොයිලය විසින් ඇති කරන mmf අගය ඇම්පියර්-ටර්න් (At) 12 ක් ලෙස දක්වා ඇත. මෙම චුම්භකගාමක බලය නිසා ඇතිවන චුම්භක ස්‍රාවය කෝර් එක දිගේ ගලාගෙන යයි. කෝර් එකේ රිලක්ටන්ස් එක "වෙබර් එකට ඇම්පියර් ටර්න්" (At/Wb) 4 කි. ඒ අනුව මෙම චුම්භක පරිපථයේ (magnetic circuit) ගලා යන චුම්භක ස්‍රාවය (ϕ) වෙබර් 3 කි (mmf = ϕ x R යන සූත්‍රය අනුව). ඉලෙක්ට්‍රික් පරිපථයේදී කළා සේම, උපකල්පනය කරමු මෙම ස්‍රාව ප්‍රමාණය 2 දක්වා අඩු කළ යුතුයි කියා. එවිට, ඉලෙක්ට්‍රික් පරිපථයට පිටතින් ශ්‍රේණිගතව රෙසිස්ටරයක් සවි කළා මෙන්, චුම්භක පරිපථයට පිටතින් ශ්‍රේණිගතව යම් රිලක්ටන්ස් අගයක් ඇතුලු කළ යුතුයි. එම රිලක්ටන්ස් අගය ගණනය කරමු.




අලුතින් තිබිය යුතු ස්‍රාව ප්‍රමාණය 2 නිසා, එම ස්‍රාවයෙන් කෝර් එකේ රිලක්ටන්ස් එක ගුණ කළ විට,

(2 x 4 =) 8 ලැබේ. එවිට, ඉතිරි 12-8=4 අගය සඳහා අලුතින් රිලක්ටන්ස් අගයක් ශ්‍රේණිගතව ඇතුලු කළ යුතු වෙනවා.

මෙම රිලක්ටන්ස් එක ඇති කරන්නට යන්නේ ගැප් එකක් මඟින්ය. ඉතිං මෙම ගැප් එකේ තිබිය යුතු රිලක්ටන්ස් අගය වන්නේ 4/2 = 2 වේ. දැන් ඔබ ගණනය කර හමාරයි ගැප් එකේ තිබිය යුතු රිලක්ටන්ස් අගය.

ඉලෙක්ට්‍රිකල් පරිපථයේදී නම්, එම අගයෙන් යුත් ප්‍රතිරෝධකයක් සවි කිරීමෙන් එය ප්‍රායෝගිකව සිදු කළ හැකියි. එහෙත් චුම්භක පරිපථයේදී එලෙස ඔබට අවශ්‍ය අගයන් සහිත "රිලක්ටන්ස් උපාංග" ලබා ගත නොහැකියි. එවැනි උපාංග වර්ගයක් නැත. ඒ වෙනුවට සිදු කරන්නේ එම අවශ්‍ය රිලක්ටන්ස් අගය ලැබෙන පරිදි ගැප් එක සකස් කර ගැනීමයි.

ඉහත රූපයේ චුම්භක ස්‍රාවය ගමන් කරන මාධ්‍ය දෙකක් දැන් තිබෙනවා - කෝර් එක හා වාතය. ඒ අනුව එම දෙකෙහි වෙන වෙනම රිලක්ටන්ස් දෙකක් තිබෙනවා. මෙම දෙකෙහි සමක අගය සෙවිය හැකියි reluctance = l/uA යන සූත්‍රය ශ්‍රේණිගත රිලක්ටන්ස් කිහිපයක සමක අගය සොයන සූත්‍රයට ආදේශ කරමින්. වාත ගැප් එකේ ක්ෂේත්‍රඵලය වන්නේද කෝර් එකේ ක්ෂේත්‍රඵලයමයි. එනිසා,

සමක රිලක්ටන්ස් අගය = (කෝර් එකේ රිලක්ටන්ස් එක) + (වාත ගැප් එකේ රිලක්ටන්ස් එක)
සමක රිලක්ටන්ස් අගය = $l_c/(u_r u_0 A) + l_g(u_0 A)$ = $\mathbf{(l_c/u_r + l_g)/u_0 A}$

ඉහත (අවසානයේ පෙන්වන) සූත්‍රය අනුව, කෝර් එකේ දිග කෝර් එකේ සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාවෙන් බෙදේ. සාමාන්‍යයෙන් මෙම සාපේක්ෂ පාරගම්‍යතාව දහස් ගණනක අගයකි. එනිසා $l_c/u_r$ යන කොටස ඉතා කුඩා අගයක් බවට පත් වේ. බොහෝ අවස්ථාවලදී $l_c/u_r << l_g$ වේ.

වාත ගැප් එක නිසා කොයිලයේ ඉන්ඩක්ටන්ස් එක අඩු වන බව ඔබ දැන් දන්නවා. මීට හේතුව වාතයේ තිබූ ඉතා අඩු පාරගම්‍යතාවේ බලපෑමයි. ඒ කියන්නේ කෝර් එකේ පාරගම්‍යතාව හා වාතයේ පාරගම්‍යතාව යන දෙකෙහිම බලපෑම දැන් කොයිලයට තිබෙනවා. එනිසා, ඔබට පුලුවන් දැන් පහසුවෙන්ම මෙම විවිධ ද්‍රව්‍ය දෙකෙහිම පාරගම්‍යතා දෙකේ සමක අගය පහත ආකාරයට ගණනය කරන්නට.

$$u_T = \frac{u_r u_0}{\left(1 + u_r\left(\frac{l_g}{l_e}\right)\right)}$$

මෙම සමක පාරගම්‍යතා අගය යොදා ගන්නවා නම්, ඔබට අමුතුවෙන් මාධ්‍ය දෙක ගැන වෙන වෙනම සැලකීමට අවශ්‍ය නැහැ. ඒ කියන්නේ වාතයේ රිලක්ටන්ස් එක හා කෝර් එකේ රිලක්ටන්ස් එක ගැන වෙන වෙනම අවධානය යොමු කිරීමට අවශ්‍ය නැහැ. ඒ වෙනුවට මෙම $u_T$ පාරගම්‍යතාව තනි මාධ්‍යයක් ලෙස සලකා කටයුතු කිරීමේ හැකියාව ලැබෙනවා. ඒ කියන්නේ $u_T$ පාරගම්‍යතාව සහිත තනි ද්‍රව්‍යයකින් යුතු කෝර් එකක් ඇතැයි සිතා වැඩ කළ හැකියි.

ඉහත සූත්‍රයේ $l_g$ වැඩි කරගෙන යන විට, $u_T$ අගය අඩු වේගෙන යන බව තේරුම් ගන්න. ඒ කියන්නේ වාත ගැප් එක විශාල වන්නට වන්නට සමක පාරගම්‍යතාව අඩු වේ.

බොහෝ අවස්ථාවලදී වාත ගැප් එක කෝර් එකට සාපේක්ෂව කුඩා වුවත්, එම කුඩා ගැප් එකේ රිලක්ටන්ස් එක විශාල කොර් එකේම රිලක්ටන්ස් එකට වඩා ඉතා විශාල බව මතක තබා ගන්න. ඒ කියන්නේ කෝර් එකේ රිලක්ටන්ස් එක නොසලකා හැරිය හැකියි. $R_{gap} >> R_{core}$ විට, ගැප් එකේ රිලක්ටන්ස් එක දළ වශයෙන් කෝර් එකේ රිලක්ටන්ස් එක ලෙස ගත හැකියි.

සම්පූර්ණ කොයිලය තුළ ගබඩා කර ගන්නා ශක්ති ප්‍රමාණය $0.5LI^2$ යන සූත්‍රයෙන් ගණනය කළ හැකි බව පෙර සඳහන් කළා. කොයිලයක ගබඩා කළ හැකි ශක්ති ප්‍රමාණය ගණනය කළ හැකි තවත් සූත්‍රයක් තිබෙනවා.

කොයිලයේ ගබඩා වන ශක්තිය = 0.5(කොයිලයේ රිලක්ටන්ස් එක)(චුම්භක ස්‍රාවය)$^2$

$$W = 0.5R\phi^2$$

අපට මෙම අවස්ථාවේදී මෙන්න මෙම සූත්‍රය තමයි ප්‍රයෝජනවත් වන්නේ. පළමු සූත්‍රයෙන් ඔබට මුලු කොයිලයේම ගබඩා කරන ශක්තිය එකවරම ගණනය කළ හැකි වුවත්, විවිධ පාරගම්‍යතා හෝ රිලක්ටන්ස් ඇති විට එම සූත්‍රය ප්‍රයෝජනවත් බව නැති වෙනවා. එවිට දෙවැනි සූත්‍රය තමයි යොදා ගත හැක්කේ. එක් එක් රිලක්ටන්ස් එක සඳහා ඉහත සූත්‍රය වෙන වෙනම යෙදිය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස, සාමාන්‍ය ෆෙරයිට් කෝර් එකේ වාත ගැප් එකක් ඇති අවස්ථාව ගමු. මෙවිට ෆෙරයිට් මාධ්‍යය හා වාතය වෙන වෙනම රිලක්ටන්ස් (පාරගම්‍යතා) දෙකකි. එවිට, වාත ගැප් එකට ඉහත සූත්‍රය යෙදීමෙන් එම කොටසේ ගබඩා වන ශක්ති ප්‍රමාණය ගණනය කළ හැකියි පහත ආකාරයට. (එකම ෆෙරයිට් කෝර් එක තුළ වාත ගැප් එක පවතින නිසා, මෙම මාධ්‍ය දෙක හරහාම ගලා යන්නේ එකම චුම්භක ස්‍රාවයයි.)

වාත ගැප් එකේ ගබඩා වන ශක්තිය = 0.5(වාත ගැප් එකේ රිලක්ටන්ස් එක)(චුම්භක ස්‍රාවය)$^2$

එලෙසම ෆෙරයිට් කොටසේ ගබඩා වන ශක්තියද ගණනය කළ හැකියි.

0.5(ෆෙරයිට් එකේ රිලක්ටන්ස් එක)(චුම්භක ස්‍රාවය)$^2$

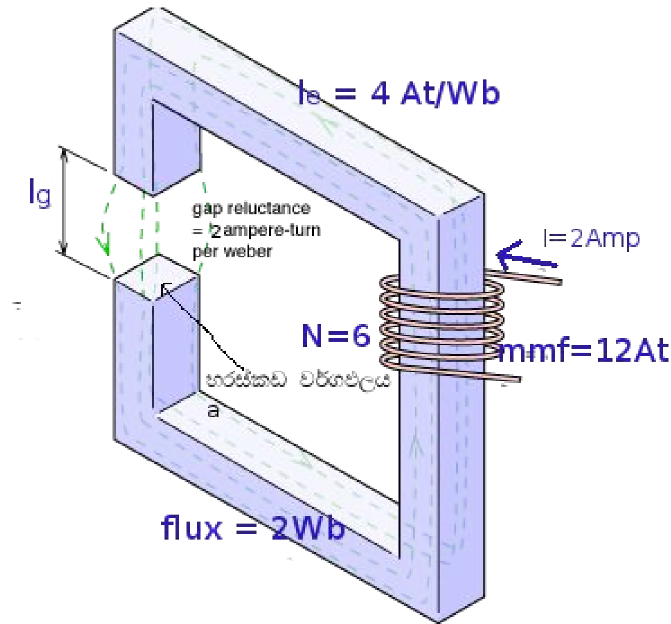
මෙම ශක්ති දෙකෙහි එකතුව තමයි කොයිලයේ සම්පූර්ණ ගබඩා වී තිබෙන ශක්තිය වන්නේ. එනම්,

$$W = 0.5LI^2 = 0.5R_{gap}\phi^2 + 0.5R_{ferrite}\phi^2$$

ඉහත ආකාරයට වෙන වෙනම ශක්තිය ගණනය කිරීම නේද ඔබ ඉලෙක්ට්‍රිකල් පරිපථයේදීත් සිදු කරන්නේ? එනම්, ප්‍රතිරෝධක කිහිපයක් ඇති විට, ඒ එක් එක් ප්‍රතිරෝධකයේ උත්සර්ජනය වන ශක්තින් වෙන වෙනම $RI^2$ සූත්‍රය අනුව ගණනය කර, ඒ සියලු ශක්තින් එකතු කළ පසු ඔබට මුලු පරිපථයේම ශක්ති උත්සර්ජනය ලැබෙනවා.

$R_{gap} >> R_{core}$ විට, ඉහත සූත්‍රය අනුව (ගැප් එකේ ශක්තිය) >> (කෝර් එකේ ශක්තිය) වේ. එනිසා, දළ වශයෙන් කොයිලයේ මුලු ශක්තියම වාත ගැප් එකේ ශක්තියට සමාන කළ හැකියි. ඒ කියන්නේ කොයිලයේම ශක්තිය වාත ගැප් එකේ ගබඩා වී තිබේ. මෙය අපූරු තත්වයක් නේද? මුලු කොයිලයේම ශක්තිය කුඩා වාත කුහරය තුළ පවතිනවා.

පෙරදී ගත් උදාහරණය තවදුරටත් සලකා බලමු. එම උදාහරණයට අදාල රූපය නැවත පහත දැක්වේ.




reluctance = l/uA යන සූත්‍රය භාවිතා කරමින් ඔබට පුලුවන් ගැප් එකේ දිග ($l_g$) සොයන්න (න්‍යායාත්මකව). ඔබට අවශ්‍ය රිලක්ටන්ස් අගය දැන් ඔබ දන්නවා (ඉහත උදාහරණයේදී එය 2 කි). දැන් ඔබට තීරණය කිරීමට සිදු වෙනවා ගැප් එක පිරවිය යුතු මාධ්‍යය. එහි කිසි තර්කයක් නැහැ; අමුතුවෙන් කිසිදු මාධ්‍යයක් එහි නොතබා කෙලින්ම වාතය තිබෙන්නට හරින්න (වාතය සංතෘප්ත නොවීම හා එහි රේඛිය හැසිරීම යන වටිනා ගුණාංග නිසා). ඔබ දන්නවා වාතයේ පාරගම්‍යතාවත් (වෙනත් අමුතු මාධ්‍යයක් භාවිතා කරන්නේ නම්, එම මාධ්‍යයේ පාරගම්‍යතාව දැනගන්න). එවිට ඔබට ඉතිරි වන්නේ ගැප් එකේ දිග (ඉහත රූපයේ $l_g$ වලින් එය නිරූපණය වේ) හා හරස්කඩ වර්ගඵලයයි (ඉහත රූපයේ a වලින් දැක්වේ). හරස්කඩ වර්ගඵලයද අමුතුවෙන් වෙනස් කරන්නට බැහැ මොකද එය දැනට පවතින කෝර් එක මත තීරණය වන්නක්. ඒ අනුව, අපට අවසානයේ ඉතිරි වන්නේ ගැප් එකේ දිග පමණයි. ඉහත උදාහරණය සඳහා එය ගණනය කරමු. වාතයේ පාරගම්‍යතාව $4\pi \times 10^{-7}$ වන අතර, හරයේ හරස්කඩ ක්ෂේත්‍රඵලය (a) වර්ගමීටර් 0.000025 යැයි සිතමු (පැත්තක දිග මිලිමීටර් 5 බැගින් වූ සමචතුරස්‍රයක්).

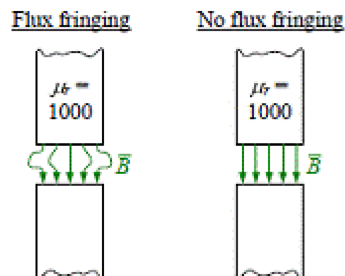
$2 = l/((4\pi \times 10^{-7})\times(0.000025)) \rightarrow l = 6.2831\times10^{-11}$ මීටර්

ඉහත අගය ඉතාම කුඩාය. ඊට හේතුව මෙම උදාහරණයට ලබා දී තිබෙන්නේ ප්‍රායෝගිකව පවතින අගයන් නොව පහසුවෙන් ගණනය කර දැක්වීමට පමණක් ලබා දුන් අගයන් නිසාය. කෙසේ හෝ වේවා, ඔබ දැන් දන්නවා ගණනය කරන අයුරු.

එහෙත් ඉහත අගය න්‍යායාත්මකව නිවැරදි වුවත්, ප්‍රායෝගිකව තවත් සාධක කිහිපයක් සැලකිල්ලට ගැනීමට සිදු වෙනවා. එකක් නම්, ඔබට අවශ්‍ය ඕනෑම ප්‍රමාණයකින් කෝර් ලබා ගත නොහැකියි. තවත් ප්‍රායෝගික කරුණක් නම්, ඔබට ඕනෑම ප්‍රමාණයක ගැප් එකක් කොර් එක තුළ සෑදිය නොහැකි වීමයි. ගැප් එක ඉතා කුඩා වූ විට කුඩා H පරාසයක් අපට ලැබේ; ගැප් එක ඉතා වැඩි විට කොයිල් කම්බි

එතීමට ඉඩ අවම වේ. මේ අනුව, ඒ ඒ කෝර් එක අනුව උපරිම ගැප් දිගක් ($l_g$) තිබෙන බව පැහැදිලියි නේද?

ඉහත ගණනය කිරීම්වලදී සමහර ප්‍රායෝගික කරුණු නොසලකා ඇති බව මා පෙන්වා දුන්නා. තවත් එවැනි නොසලකා හැරි ප්‍රබල සාධකයක් තමයි චුම්භක ස්‍රාවයෙන් කොටසක් ඒකාකාරව නොවී (හෝ පිට පැන) ගමන් කිරීම. එය flux fringing යන නමින් හැඳින්වෙනවා. පහත රූපයේ සරලව ෆ්ලක්ස් ෆ්‍රින්ජිං පෙන්වා තිබෙනවා.




(නැවතත් මා සඳහන් කරනවා අවසානයේ ගැප් එකේ දුර ගණනය කරපු ආකාරය ප්‍රායෝගිකව නිවැරදි නොවේ. මේ ගැන වැඩි විස්තර පසුවට නැවත සඳහන් කෙරේ.)

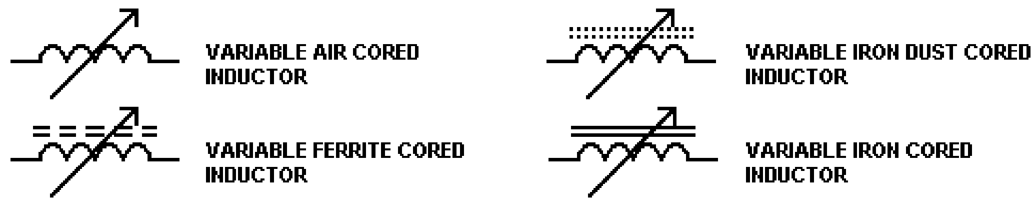
අධිසංඛ්‍යාත සංඥා සඳහා සාදනු ලබන ඉන්ඩක්ටර්වලට චර්මීය ආවරණය විශාල ප්‍රශ්නයකි. එනිසා ලිට්ස් වයර්වලින් එම කොයිල් ඔතන අවස්ථාද තිබෙනවා (ලිට්ස් වයර් ගැන පළමු පාඩම් මාලාව තුළ විස්තර ඇත). ලිට්ස් වයර් එකක් තුළ සිහින් කම්බි රාශියක් ඇති අතර, ඒ සෑම සිහින් කම්බියක්ම වෙන වෙනම පරිවරණය කර තිබේ. එනිසා, ලිට්ස් වයර් යොදා ගන්නා විට, එහි කෙළවරවල්වල ඇති එක් එක් සිහින් කම්බියේ පරිවරණ සුදුසු ක්‍රමවේදයකින් සම්පූර්ණයෙන් ඉවත් කර, කෙළවරවල්වල ඇති එම සිහින් කම්බි සියල්ල එකට අඹරා ගත යුතුය.

## විචල්‍ය ප්‍රේරක

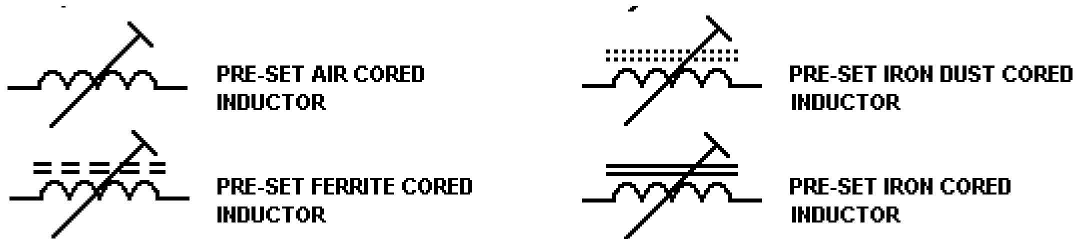
ප්‍රතිරෝධක හා ධාරිත්‍රකවල මෙන්ම ප්‍රේරකද වර්ග දෙකක් තිබේ. මෙතෙක් ඉගෙන ගත්තේ නියත අගයන් සහිත ප්‍රේරක (fixed inductor) ගැනයි. මීට අමතරව ප්‍රේරණතාව විචලනය කළ හැකි විචල්‍ය ප්‍රේරකද (variable inductor) තිබේ.

ඇත්තටම ප්‍රේරක අගය වෙනස් කල හැකි ක්‍රම ගණනාවක්ම පවතී. කොයිලයේ දිග වෙනස් කිරීමෙන් (එනම්, පොටවල් අතර පරතරය අඩු/වැඩි කිරීමෙන්) එය කළ හැකියි. කෝර් භාවිතා කෙරෙනවා නම්, කොර් එක කොයිලය තුළට දමා ඇති ගැඹුර වෙනස් කිරීමෙන්ද එය කළ හැකියි (එනම්, කොයිලය තුළ ඇති කෝර් දණ්ඩ උස්-පහත් කිරීමෙන්). තවත් සුවිශේෂී ආකාරද පවතිනවා.

කෝර් නැති හා කෝර් ඇත්නම් කුමන වර්ගයේ ද්‍රව්‍යයක්ද තිබෙන්නේ යන වග අනුව, විචල්‍ය ප්‍රේරක සඳහා සංකේත කිහිපයක්ම පවතිනවා පහත ආකාරයට (මෙය ගැන පුදුම වන්නට දෙයක් නැත මොකද සාමාන්‍ය ප්‍රේරක සංකේතද කිහිපයක් පැවතියා යොදාගන්නා කෝර් එක අනුව).

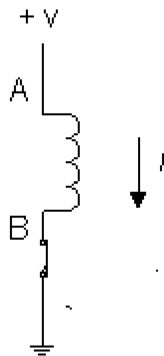



මෙලෙසම ප්‍රීසෙට් ඉන්ඩක්ටර් සඳහා පහත ආකාරයට සංකේත හඳුන්වාදිය හැකියි. එහෙත් බොහෝ දෙනා ප්‍රීසෙට් ඉන්ඩක්ටර් හා වේරියබ්ල් ඉන්ඩක්ටර් යන දෙකටම ඉහත සංකේත යොදාගන්නා බවක් පෙනෙනවා (ප්‍රීසෙට් නිතර හමුනොවන නිසා වෙන්න ඇති).




## Inductive kick

කොයිල් එකක් තිබෙන සෑම තැනකදීම මෙය සිදු වේ. ඒ කියන්නේ මෝටර්, ට්‍රාන්ස්ෆෝමර්, ඉන්ඩක්ටර්, රිලේ ආදී කොයිල් භාවිතා කෙරෙන සෑම තැනකම මෙය ඇත. inductive kickback යනුවෙන්ද මෙය හැඳින්වෙනවා. විවධ ප්‍රයෝජනවත් වැඩ සඳහා මෙය යොදා ගත්තත්, පරිපථවලදී නම් ඉන්ඩක්ටිව් කික් එක විනාශකාරී දෙයක්. මොකක්ද ඉන්ඩක්ටිව් කික් කියන්නෙ? පහත රූපය බලන්න.




මෙම පරිපථයේ ස්විචය ඔන් කළා යැයි සිතන්න. දැන් කොයිලය හරහා ධාරාවක් ගමන් කරයි (A සිට B දක්වා). මීට සම්බන්ධ කළ විදුලිය ඩීසී වුවත් ඒසී වුවත් ගැටලුවක් නැත. එහෙත් මෙම උදාහරණය සඳහා ඩීසී විදුලය ලබා දී ඇතැයි උපකල්පනය කරමු. පරිපථය ඕන් කළ ක්ෂණයෙහි කොයිලය හරහා ධාරාව ගලා යෑම නිසා, එහි චුම්භක ක්ෂේත්‍රයක් හට ගන්නවා. ඩීසී විදුලියක් නිසා (සුලු වෙලාවකට පසුව, එනම් L/R කාල නියත 5 කට පසුව) මෙම ක්ෂේත්‍රයද නියතයි (එනම්, විචලනය නොවේ).

දැන් එකවරම ස්විචය ඕෆ් කරමු. එවිට, ඔබට සිතේවි පරිපථය සුපුරුදු ලෙස ඕෆ් වේවි කියා. ඔව්,

පරිපථය නම් සුපුරුදු පරිදි ඕෆ් වෙනවා. ඒ සමගම තවත් අපූරු දෙයක් සිදු වෙනවා කොයිලය තිබෙන නිසා.

ඔබ දන්නවා කොයිලය තුළ යම් චුම්භක ශක්තියක් ගබඩා කරගත්තා එහි ක්ෂේත්‍රය තුළ. පරිපථය හරහා යන ධාරාව නැවැත්වූ විට, එම චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හැකිලෙමින් අහෝසි වී යනවා. එය ඔබට පැහැදිලියිනෙ. විද්‍යුත් චුම්භකයක චුම්භක ක්ෂේත්‍රය පවතින්නේ ඒ හරහා ධාරාවක් ගමන් කරන තුරාවට පමණයි.

දැන් ප්‍රශ්නය මෙයයි. චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හැකිලෙමින් අහෝසි වී යනවා යන්නෙහි තේරුම එම ශක්තිය වෙනත් තැනකට යන බවයි; එනම් වෙනත් ශක්තියක් බවට පරිවර්තනය වන බවයි. ඇත්තටම එය පරිවර්තනය වන්නේ විදුලි ශක්තියක් බවටයි. ඇත්තෙන්ම එම චුම්භක ශක්තිය ජනනය වූයේද විදුලි ශක්තියෙනි; එය නැවත පත් වන්නේද විදුලි ශක්තිය බවටයි.

කැප් එකකදී නම්, විදුලිය ඕෆ් කළ පසු, තවදුරටත් කැප් එකේ විදුලි ක්ෂේත්‍රය ගබඩා වී පවතිනවා. එහෙත් කොයිලයකට එසේ කළ නොහැකියි. ඉන්ඩක්ටරය හා කැපෑසිටරය යන උපාංග දෙකම ශක්තිය ගබඩා කරගන්නා උපාංග දෙකක් වුවත්, ඒ දෙකේ ඉහත වෙනස්කම වටහාගන්න.

දැන් මෙම විදුලි ශක්තිය කොයිලය සම්බන්ධ කළ සන්නායක/වයර් ඔස්සේමයි ගමන් කරන්නේ. ඒ විතරක්ද නොවේ; චුම්භක ක්ෂේත්‍රය ඉතා ක්ෂණයකින් විදුලි ශක්තිය බවට පත් වෙනවා. ඒ කියන්නේ, ඉතා කෙටි කාලයක් නිසා සාමාන්‍යයෙන් කුඩා විදුලියක් වුවත් ඉතා ප්‍රබල විදුලියක් බවට පත් වෙනවා (මේ ගැන මීට කලින් අප හොඳින් කතා කර තිබෙනවා; කුඩා කාලවලදී අති විශාල ශක්ති ගැන). ඒ කියන්නේ සමහරවිට කිලෝවෝල්ට් ගණනක් දක්වා එහි වෝල්ට් ගණන පත් වෙනවා. මෙය තමයි ඉන්ඩක්ටිව් කික්බැක් ලෙස හැඳින්වෙන්නේ.

ප්‍රේරකයක් සඳහා වූ $V = L(di/dt)$ යන සූත්‍රය අනුවද මෙය පහසුවෙන් පැහැදිලි කළ හැකියි. ඉතාම ඉතාම ඉතා කුඩා කාලයකින් පරිපථයේ ධාරාව තිබූ මට්ටමේ සිට ශූන්‍ය දක්වා වෙනස් වෙනවා; ඒ කියන්නේ $di/dt$ යන අනුපාතය ඉතා විශාල අගයක් ගන්නවා. උදාහරණයක් ඇසුරින් මෙය බලමු. ඉහත පරිපථයේ ගලන උපරිම (ස්ථාවර) ධාරාව මිලිඇම්පියර් 10 ක් යැයිද, කොයිලයේ ප්‍රේරණතාව මිලිහෙන්රි 10 (හෙන්රි 0.01) යැයිද සිතමු. පරිපථය ඕෆ් වීමට මයික්‍රොතත්පර එකක් ගත වූවා යැයිද සිතන්න (ඔබ සිතුවාට ස්විචය ඕෆ් කරන විට එය ක්ෂණිකව සිදු වෙනවා කියා, ඒ සඳහාද යම් කාලයක් ගත වෙනවා). දැන් ඉහත සූත්‍රය අනුව, කික්බැක් වෝල්ටියතාව ගණනය කරමු. මයික්‍රොතත්පර එකක කාලයක් තුළදී ධාරාව මිලිඇම්පියර් 5 සිට 0 දක්වා වෙනස් විය. ඒ අනුව $di = 5 – 0 = 5mA = 0.005A$ වන අතර, $dt = 1uS = 0.000001S$ වේ. ඒ අනුව, දැන් පරිපථය තුල ජනනය වන කික්බැක් වෝල්ටියතාව $(0.01)(0.005)/(0.000001)$ = වෝල්ට් 50 කි. දැන් ඕෆ් වීමට ගත වූ කාලය මයික්‍රොතත්පර 1 වෙනුවට 0.01 ක් වූවා නම්, කික්බැක් වෝල්ටියතාව 5000 දක්වා ඉහල යයි.

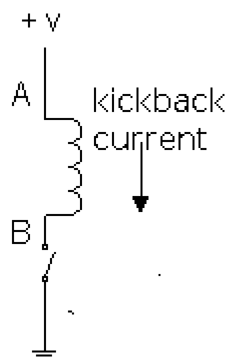
ඉහත විස්තරය අනුව, කොයිලයේ ප්‍රේරණතාව වැඩි වන්නට වන්නට කික්බැක් වෝල්ටියතාව වැඩි වේ. එලෙසම, ඕෆ් කරන මොහොතේ පැවති ධාරාව වැඩි වන විටත් කික්බැක් වෝල්ටියතාව වැඩි වේ. තවද, ඕෆ් වීමේ වේගය වැඩි වන විටද (එනම් ඕෆ් වීමට ගත වූ කාලය අඩු වන විට) කික්බැක් වෝල්ටියතාව වැඩි වේ. මේ සියල්ල ඉන්ඩක්ටරයේ සූත්‍රය ඇසුරින් පැහැදිලිව පෙනෙනවා නේද?

ඉතිං මෙහි ඇති වැරැද්ද කුමක්ද? විශාල වැරැද්දක් තිබෙනවා. පරිපථය ඕෆ් නිසා එම කික්බැක් ධාරාව අනෙක් උපාංග හරහා ගමන් කරන්නට විදියක් නැහැ නේද යැයි ඔබට සිතෙනු ඇත. ඔව්, එලෙස සිතුවොත් නම් එහි ප්‍රශ්නයක් නැහැ. එහෙත්, මෙම අති විශාල වෝල්ටියතාව දැන් පිහිටන්නේ විවෘත

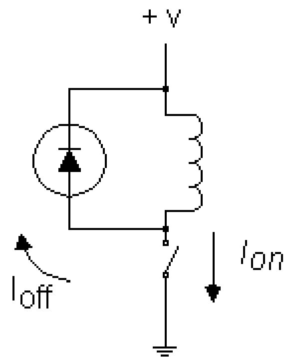
අග්‍ර දෙක දෙපසයි. එය විදුලියේ ස්වභාවයනෙ. (යම් පරිපථයක් විවෘත (ඕෆ්) නම්, පරිපථයේ තිබෙන මුලු වෝල්ටියතාවම පිහිටන්නේ එම විවෘත අග්‍ර දෙක දෙපසයි; අනෙක් උපාංග වටා වෝල්ටියතාවන් ඩ්‍රොප් නොවේ. පරිපථයේ අනෙක් උපාංග දෙපස වෝල්ටියතා ඩ්‍රොප් වුවොත් ඉන් අදහස් කරන්නේ එම උපාංග හරහා ධාරාවක් යන බවයි (ඕම් නියමය අනුව) ). එහෙත් ඕෆ් කරපු පරිපථයක ධාරාවක් ගමන කළ නොහැකියිනෙ. ඉතිං මේ අනුව ඉහත කියූ ලෙසටම සම්පූර්ණ වෝල්ටියතාවම පිහිටිය යුත්තේ විවෘත අග්‍ර දෙක හරහාය. මේ ආකාරයට ස්විචයේ අග්‍ර දෙක දෙපස අති විශාල වෝල්ටියතාවක් පිහිටීම හේතුවෙන් එම අග්‍ර දෙක අතර ස්පාක් වීමක් සිදු විය හැකියි. එවිට ස්විචය පිලිස්සී යා හැකියි. ස්විචය විතරක් නොවේ, ස්පාක් වීමක් යනු ධාරාව ගමන් කරන අවස්ථාවක් බැවින්, දැන් මුලු පරිපථය හරහාම ක්ෂණික ධාරාවක් ගලා යනවා. එමඟින් එම ධාරාව විශාල නම් උපාංගද පිලිස්සී යා හැකියි. මතක තබා ගන්න මෙම ධාරාව තත්පරයෙනුත් ඉතා කෙටි කාලයක් තුළයි ගමන් කරන්නේ. කාලය කුඩා වුවත් ධාරාව විශාල වීම නිසයි උපාංග පිලිස්සී යා හැක්කේ. මෙවැනි කුඩා කාලයක් තුල ගමන් කරන විදුලිය සර්ජ් හෝ ස්පයික් ලෙස හැඳින්විය හැකියි.

කික්බැක් එකේදී චුම්භක ක්ෂේත්‍රය හැකිලීමේදී ඇතිවන විදුලි ධාරාවේ දිශාවද අපට පහසුවෙන් සොයාගන්න පුලුවන්. ඒ සඳහා ලෙන්ස් නියමය යොදන්න. කොයිලයක් හැමවිටම හැසිරෙන්නේ ඒ හරහා භාහිරව යවන ධාරාවට විරුද්ධවාදියෙක් ලෙසයි. ඒ කියන්නේ භාහිර ධාරාව වැඩි වෙන විට, කොයිලය උත්සහ කරන්නේ එම ධාරාවේ වැඩි වීම වැලැක්වීමටයි. එලෙසම, ධාරාව අඩුවන විට, එය බලන්නේ එම ධාරාව අඩු වීම වැලැක්වීමටයි. මෙය තමයි ලෙන්ස් නියමය (තවත් ආකාරයකින්).

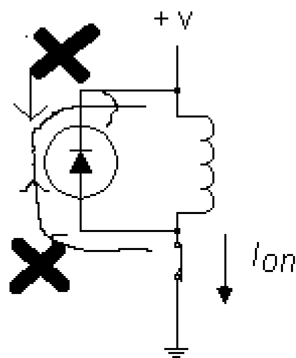
ඉතිං ස්විචය ඕෆ් කිරීමේදී පරිපථයේ භාහිර විදුලි ධාරාව එකවර වාගේ ඇනහිටී. එවිට, කොයිලය තමන්ගේ ක්ෂේත්‍රයද එකවර හකුලුවා එම අඩු වූ (නැති වූ) ධාරාව පරිපථය තුළ යවන්නට බලනවා. ඒ කියන්නේ කොයිලයේ කික්බැක් ධාරාව දැන් පිහිටන්නේ මුලින් භාහිර ධාරාව තිබූ දිශාවටමයි.



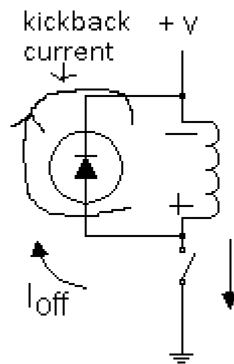

සමහරවිට එකවර ස්විචය පිලිස්සී නොගියත්, කිහප වතාවක්ම මෙය සිදුවන විට ස්විචය ක්‍රමයෙන් පිලිස්සී යනවා. වයර්ද, වයර්වල පරිවරණ කොටස්ද ක්‍රමයෙන් අභාවයට යනවා. එකවර හෝ සෙමින් සෙමින් සිදුවුවත් මෙය බරපතල ප්‍රශ්නයක් බව පේනවා නේද? මෙය පරිපථ තුළ සිදු වීම වැලැක්විය යුතුයි. ඒ සඳහා උපක්‍රම කිහිපයක්ම තිබෙනවා. සරලම උපක්‍රමය නම් ඩයෝඩයක් පහත ආකාරයට යෙදීමයි (අප තවමත් ඩයෝඩ ගැන කතා කර නොමැති බැවින් ඉතා කෙටියෙන් මෙය විස්තර කරන්නම්).




ඩයෝඩයක් යනු එක් දිශාවකට පමණක් විදුලි ධාරාවක් ගමන් කරවන ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංගයකි. සාමාන්‍යයෙන් පරිපථය ඔන් එකේ තිබෙන විට, විදුලි ධාරාව ගමන් කරන දිශාවට විරුද්ධ දිශාවට ඩයෝඩය සවි කෙරේ. එවිට, පරිපථය ඕන් විට, ඩයෝඩය හරහා ධාරාව ගමන් නොකරයි. විදුලිය සාමාන්‍යයෙන් එක තැන වටේට යන්නේ නැත. එය හැමවිටම විදුලි සැපයුමේ ධන සිට සෘණ දක්වායි ගමන් කරන්නේ. එවිට, කොයිලයෙන් යම් ධාරාවක් පහත පෙනෙන ආකාරයට ඩයෝඩය හරහා වටේ යන්නේද නැත. ඒ කියන්නේ ඩයෝඩය එතැන නැහැ වගෙයි පරිපථයට දැනෙන්නේ.




එහෙත් දැන් පරිපථය ඕෆ් කරපු අවස්ථාව සලකමු. එවිට, ඉන්ඩක්ටිව් කික්බැක් සිදු වේ ඉහත කියූ ලෙසම. දැන් කොයිලයේ කික්බැක් ධාරාවට සාමාන්‍ය පරිපථය හරහා ගමන් කිරීමට අපහසුවක් තිබෙනවා මොකද ස්විචය ඕෆ් නිසා. එහෙත් එම ධාරාවට දැන් ගමන් කිරීමට තවත් පරිපථයක් (මාර්ගයක්) තිබෙනවා. ඒ තමයි ඩයෝඩය හරහා. මෙතැනදී කොයිලය හරියට බැටරියක් වාගේයි (ඔව් කොයිලය සත්තකින්ම මෙතැනදී ක්‍රියා කරන්නේ බැටරියක් ලෙසයි). එවිට, බැටරියේ අග්‍ර දෙක ඩයෝඩයේ අග්‍ර දෙකට සම්බන්ධව පවතිනවා යැයි සිතිය හැකියි. ඒ විතරක්ද නොවේ; ඩයෝඩය හරහා ධාරාවක් ගලා යා හැකි දිශාව ඔස්සෙ තමයි මෙම කික්බැක් ධාරාව පිහිටන්නේ. ඒ කියන්නේ කික්බැක් ධාරාව ඉතා පහසුවෙන් ඩයෝඩය වටේ ගමන් කරනවා. ඩයෝඩයේ යම් ප්‍රතිරෝධයක් පවතිනවා. ඒ කියන්නේ ඒ හරහා විදුලිය ගමන් කරන විට, තාප උත්සර්ජනය සිදු වෙනවා. එවිට "බැටරිය" (කොයිලයේ ශක්තිය) බසිනවා. සම්පූර්ණයෙන්ම මෙම ශක්තිය නැති වී යනකල්, ඩයෝඩය වටේම මෙම විදුලිය ගමන් කරනවා.




මේ විදියට කික්බැක් එක සම්පූර්ණයෙන්ම උදාසීන වී යනවා. ස්විචයට හෝ පරිපථයේ වෙනත් උපාංග හරහා විදුලිය ගලා නොයන නිසා පරිපථය හා ස්විචය ආරක්ෂා වෙනවා.

ඉහත ආකාරයට ඩයෝඩය යෙදීම කළ හැක්කේ ඩීසී විදුලියක් සහිත අවස්ථාවකදීය. ඒසී විදුලියක් කොයිලය හරහා ගමන් කරයි නම්, මෙම ක්‍රමය වැඩ කරන්නේ නැත. (ඊට හේතුව එක් තරංග අර්ධයකදී ඉහත විස්තර කළ පරිදි ඩයෝඩය නිවැරදිව ක්‍රියා කළත්, අනෙක් අර්ධයේදී ඩයෝඩය හරහා ධාරාවක් ගමන් කරනවා පරිපථය ඔන් විටත්. මේ ගැන හරියටම වැටහීමක් ලැබෙන්නේ ඩයෝඩ ගැන ඉගෙන ගත් පසුවයි.)

මේ ආකාරයට කික්බැක් එක උදාසීන කරන ක්‍රම කිහිපයක්ම පවතිනවා. ඒ සියලු ක්‍රමවල පොදු ගතිලක්ෂණය වන්නේ පරිපථය ඕෆ් විට, කොයිලයේ කික්බැක් ධාරාවට ගමන් කිරීමට විකල්ප මාර්ගයක් සාදා දීමයි. එසේ විකල්ප මාර්ගය ඔස්සේ "රවුම් ගගා" සිටින විට, එම ශක්තිය ඉබේම වැයවී යනවා (උදාසීන වෙනවා). මෙම අරමුණින් යොදන ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපක්‍රමය/පරිපථ කොටස snubber circuit ලෙස හැඳින්වෙනවා (snub යන්නෙහි තේරුම "මොට කරනවා" යන්නයි). මේ සියලු ක්‍රම විස්තරාත්මකව ඩයෝඩ පාඩම සමග ඉදිරිපත් කෙරේ.

ඉහත විස්තර කළ පරිදි ඉන්ඩක්ටිව් කික් එක විශාල කරදරයක් වුවත්, එය ප්‍රයෝජනයට ගන්නා අවස්ථා ගණනාවක් තිබෙනවා. ඉන් එකක් තමයි (පෙට්‍රල්) වාහනවල හමුවන ස්පාර්ක් ප්ලග් එක. පෙට්‍රල් එන්ජිමේ සිලින්ඩර් තුළ වාත-පෙට්‍රල් මිශ්‍රණය දහනය කිරීමට යම් විදුලි පුළිඟුවක් (electric spark) එකක් අවශ්‍ය කරනවා. මෙම ස්පාක් එක ඇති කිරීමට යොදා ගන්නේ කොයිලයක්. කොයිලයක් ඉතා කුඩා වාත හිඩැසක් තිබෙන අග්‍ර දෙකකට සවි කරනවා. ඒ හරහා විදුලියක් ගමන් කරවා, එකවර එම විදුලිය නවත්වනවා. දැන් ඉහත කික්බැක් එක නිසා අතිවිශාල වෝල්ටියතාවක් මෙම විවෘත අග්‍රදෙක අතර ඇති වෙනවා. එවිට ඒ දෙක අතර ඇති කුඩා වාත හිඩැස තුළ විදුලි පුළිඟුවක් ඇති වෙනවා. ඔබත් සිතා බලන්න කික්බැක් එක ප්‍රයෝජනයට ගත හැකි තවත් අවස්ථා මොනවාද කියා.

මෙ සමග රෙසිස්ටර්, කැපැසිටර්, හා ඉන්ක්ටර් යන පැසිව් ඉලෙක්ට්‍රොනික් උපාංග තුන ගැන පාඩම් මාලාව මෙතකින් අවසන් වෙනවා. අතිරේක පාඩම යටතේ  අවකලනය හා සංකීර්ණ සංඛ්‍යා යන ගණිත සංකල්ප ගැන කෙටියෙන් ඇත.

# අතිරේකය

## අවකලනය (differentiation)

මෙම පාඩම් මාලාවේදී අවස්ථා කිහිපයකදීම අවකලනයේ සරල යෙදීම් කිහිපයක් යොදා ගත්තා. ඇත්තටම විද්‍යා හා තාක්ෂණ ක්ෂේත්‍රයේ ඉතාම වටිනා ගණිත කර්මයක් තමයි අවකලනය කියා පවසන්නේ. පාසලේ උසස් පෙළ ගණිතයේදී මෙම ගණිත කර්මය පළමු වරට ඉගැන්වෙන නිසා, බොහෝ පිරිසක් මෙම වටිනා ගණිත කර්මය මින් පෙර දැක නැති වීමට පුලුවන්. සරලව හා කෙටියෙන් අවකලනය ගැන සලකා බලමු.

ගණිතයේ හමුවන සෑම ගණිත කර්මයක්ම හැමවිටම වාගේ පවතින්නේ යුගල වශයෙනි. එකකින් කරන වැඩේට විරුද්ධ දේ අනෙකෙන් සිදු කරනවා. එකතු කිරීම - අඩු කිරීම, වැඩි කිරීම - බෙදීම ඊට කදිම උදාහරණ දෙකක්. එලෙසම අවකලනයේ විරුද්ධ ගණිත කර්මය අනුකලනය (integration) වේ. අවකලනය හා අනුකලනය යන දෙකම එකට ගත් විට ඊට කලනය (calculus) යන නම ව්‍යවහාර වේ.

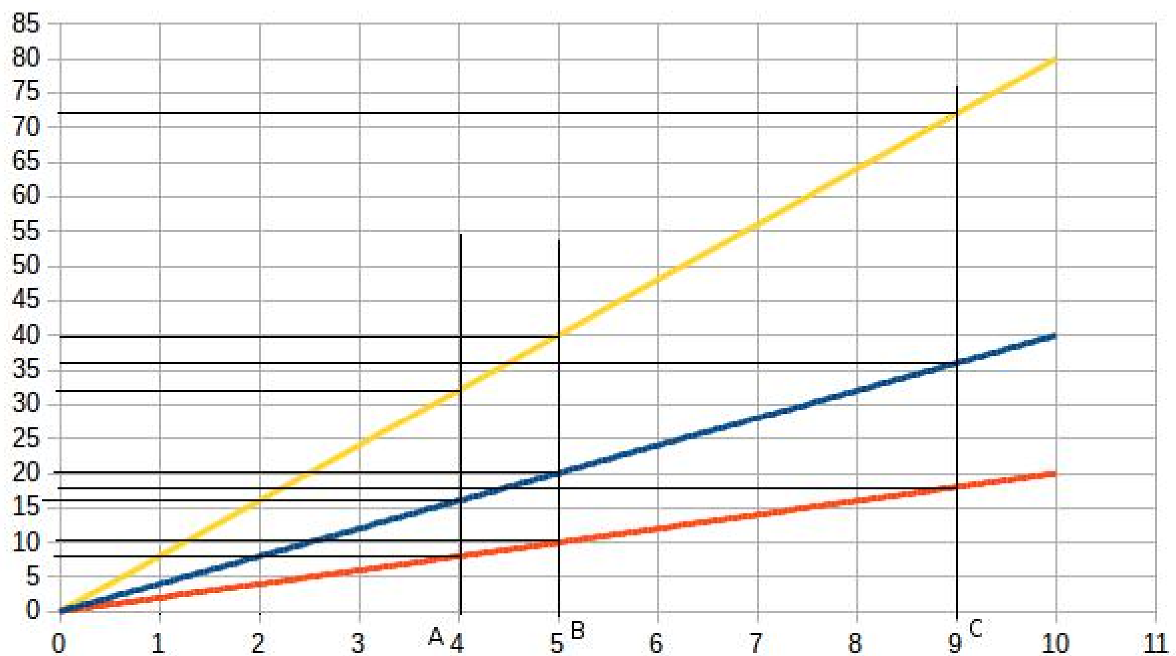
අවකලනය ඉතා ගැඹුරට අධ්‍යයන කළ හැකි විෂයක් වුවත් සාමාන්‍ය විද්‍යා තාක්ෂණ අවශ්‍යතා සඳහා දැන මතක තබා ගැනීමට ඇත්තේ ටිකකි. අවකලනය දෙයාකාරයකින් පැහැදිලි කළ හැකියි.

එකක් නම් ප්‍රස්ථාරයක් ඇසුරින් රූපමය ස්වරූපයෙනි; අනෙක වීජීය ශ්‍රිත මඟින්ය. දැන් මේ ගැන විමසා බලමු. (ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් පළමු පොතේ තිබූ ගණිත අතිරේකය ඉගෙන තිබීම මෙහිදී අවශ්‍ය කෙරේ.)

පහත රූපය බලන්න. මෙහි x අක්ෂයෙන් කාලය (තත්පරවලින්) හා y අක්ෂයෙන් දුර (මීටර්වලින්) දැක්වේ (ඒ කියන්නේ මෙය දුර-කාල ප්‍රස්ථාරයකි). එහි නිල්පාට වක්‍රය/ඉර සලකා බලමු.

එහි x අක්ෂයේ A සිට B දක්වා වෙනස තත්පර 1 කි. කාලය අක්ෂය දිගේ A සිට B ට යනවා යනු 4 වැනි තත්පරයේ සිට 5 වැනි තත්පරයට ගමන් කිරීමයි; වෙනස තත්පර 5 – 4 = 1 කි. කාලය අක්ෂය දිගේ එම විචලනය සිදුවන විට, ඊට අනුරූපව y අක්ෂයේ විචලනය බලන්න. එය 16 සිට 20 දක්වා වැඩි වේ. ඒ කියන්නේ දුර අක්ෂයේ වෙනස 20 – 16 = 4 කි. ඔබ දන්නවා <u>ප්‍රස්ථාරයක y අක්ෂය දිගේ වෙනස ඊට අනුරූපව පවතින x අක්ෂය දිගේ වෙනසින් බෙදූ විට ලැබෙන්නේ එම ප්‍රස්ථාරයේ අනුක්‍රමයයි (රේඛාවේ බෑවුමයි)</u>. ඒ අනුව, නිල් වක්‍රයේ අනුක්‍රමය/බෑවුම වන්නේ 4/1 = 4 වේ. මෙය කාලය සමග දුර වෙනස් වන ප්‍රස්ථාරයක් නිසා, මින් ඔබට දැන් ලැබී තිබෙන්නේ වේගයයි. ඒ අනුව, නිල් වක්‍රයේ වේගය තත්පරයට මීටර් 4 වේ.

නිල් වක්‍රයේම B සිට C දක්වා වූ කොටස බලන්න. එම කොටස අනුවද වේගය ගණනය කරන්න. කාල වෙනස 9 – 5 = 4 වේ. දුර වෙනස 36 – 20 = 16 වේ. එවිට, වේගය වන්නේ 16/4 = 4 යි. නැවත ඔබට වේගය ලෙස ලැබෙන්නේද තත්පරයට මීටර් 4 වේගයයි.




ඇත්තටම මෙම ප්‍රස්ථාරයේ කුමන ස්ථාන දෙකක් ගෙන ගණනය කළත් ලැබෙන්නේ එකම වේගයයි. ඊට හේතුව මෙම නිල්පාට වක්‍රය සරල සෘජු රේඛාවක් වීමයි.

එම නිල්පාට ප්‍රස්ථාරය වීජීය ශ්‍රිතයක් ආකාරයටත් ඔබට දැක්විය හැකියි (ඔව්, ඕනෑම ප්‍රස්ථාරයක් සුදුසු කොන්දේසි යටතේ වීජීය ශ්‍රිතයක් ආකාරයට ලිවිය හැකියි). ඉහතදී වේගය ගණනය කළ සූත්‍රයම මීට යොදා ගන්නට පුලුවන්. වචනවලින් දැක්වෙන සම්බන්ධතාව සංකේතවලට හරහාගත් විට ඉබේම ශ්‍රිතයක් සෑදේ.

වේගය = දුර/කාලය → දුර = (වේගය)(කාලය) → d = (s)(t)

ඉහත අවසානයේ ඇත්තේ වලංගු වීජීය සමීකරණයකි (ශ්‍රිතයකි). එහෙත් ඔබට ශ්‍රිත බහුලවම දැකීමට ලැබෙන්නේ x හා y යන අක්ෂර දෙක ආශ්‍රයෙනි (x යනු ස්වායත්ත විචල්‍ය හා y යනු පරායත්ත විචල්‍ය වේ). අවශ්‍ය නම්, x, y ඉහත සමීකරණයට අදේශ කළ හැකියි t, d වෙනුවට. ඇත්තටම t යනු x අක්ෂයද d යන්න y අක්ෂයද නිරූපණය කරන බව පැහැදිලිවම පෙනෙනවා. y වෙනුවට f(x) යන්නද ආදේශක කළ හැකියි.

d = st → y = sx හෝ f(x) = sx

මෙලෙසම කහ පාට ප්‍රස්ථාරය ගැනද සිතන්න; වේගය ගණනය කරන්න. එහි වේගය තත්පරයට මීටර් 8 ක් ලෙස ලැබේවි. එය නිල්පාට ප්‍රස්ථාරයෙන් පෙන්වන වේගයට වඩා වැඩිය. වේගය වැඩි බව එම රේඛාවේ බෑවුම වැඩි වීමෙන් පෙනේ.

මෙලෙසම රතුපාට ප්‍රස්ථාරය බැලූගමන්ම දැන් ඔබට පේනවා එහි බෑවුම අනෙක් දෙකටම වඩා අඩු බව. ඒ කියන්නේ රතුපාට ප්‍රස්ථාරයෙන් පෙන්වන වේගය ඉතා අඩුයි. ගණනය කළ විට එය තත්පරයට මීටර් 2 ක් ලෙස ලැබේ.

ඉහත ප්‍රස්ථාර තුනෙන් ඕනෑම එකක් ගන්න (නිල් එක තෝරාගමු). එහි වේගය මැනීමට ඔබ සිදු කළේ y අක්ෂයේ යම් පරාසයක් (වෙනසක්) ගෙන ඊට අනුරූපව x අක්ෂයේ පවතින පරාසය (වෙනස) ගෙන, y

අක්ෂයේ පරාසයෙන් x අක්ෂයේ පරාසය බෙදීමයි. ගණිතයේදී "වෙනස" ("පරාසය") නිරූපණය කිරීමට ග්‍රීක් හෝඩියේ (කැපිටල් හෝ සිම්පල්) ඩෙල්ටා අක්ෂරය (Δ හෝ δ) යොදා ගන්නවා. ඒ අනුව,

$$\frac{y \text{ අක්ෂයේ වෙනස}}{x \text{ අක්ෂයේ වෙනස}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \text{වේගය}$$

ඉහතදී පෙන්වා දුන් පරිදිම සරල රේඛාවකින් පෙන්වන ප්‍රස්ථාරයකදී මෙම වෙනස/පරාසය ඔබට අවශ්‍ය තරම් ලොකු කුඩා කළ හැකියි. ඒ අනුව, ඔබට x හි කුඩා පරාසය/වෙනස තව තවත් ඉතාම ඉතාම ඉතා කුඩා කළ හැකියි. එය බිංදුවට/ශූන්‍යයට ආසන්න කළ හැකියි (එනම්, දශම තිතට පසුව බිංදු කෝටි ප්‍රකෝටි ගණනක් ලියා අවසානයේ 1 දැමීම). x පරාසය එතරම් කුඩා වන විට, ඉබේම y පරාසයද ඊට අනුරූපව කුඩා වෙන බව පැහැදිලියිනෙ. මෙන්න මෙම ක්‍රියාවලිය පහත ආකාරයට නිරූපණය කළ හැකියි (ඔබ දන්නවා ගණිතයේදී දිගු වාක්‍යවලින් කියන දේ කෙටි සංකේතාත්මක ක්‍රමවලින් නිරූපණය කරන බව).

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} = \text{වේගය}$$

ඉහත රූපයේ ආකාරයේ ප්‍රස්ථාරයකට (එනම් රේඛීය ප්‍රස්ථාරයකට) මෙවැනි ඉතාම කුඩා පරාස ගෙන ගණනය කළත් ලැබෙන්නේද ඉහත ආකාරයට විශාල පරාස යොදා ගෙන ගණනය කළ බෑවුම් අගයම තමයි.

ඔය දැන් සිදු කළ ගණිත කර්මය තමයි අවකලනය කියා පවසන්නේ. ඉහත dy/dx ලෙස දක්වා ඇත්තේ එයයි. <u>dy/dx යන්න "x විෂයෙන් y අවකලනය කරනවා" යැයි වචනයෙන් පවසනවා</u> (ස්වායත්ත විචල්‍යයේ විෂයෙන් පරායත්ත විචල්‍යය අවකලනය කෙරේ). "<u>ඩී වයි ඩී එක්ස්</u>" ලෙස එය සාමාන්‍යයෙන් ශබ්ද කෙරේ. ඇත්තටම අවකලනය පෙන්වීමට ක්‍රම කිහිපයක්ම තිබේ. පහත දැක්වෙන්නේ මෙම නිරූපණ ක්‍රමයි.

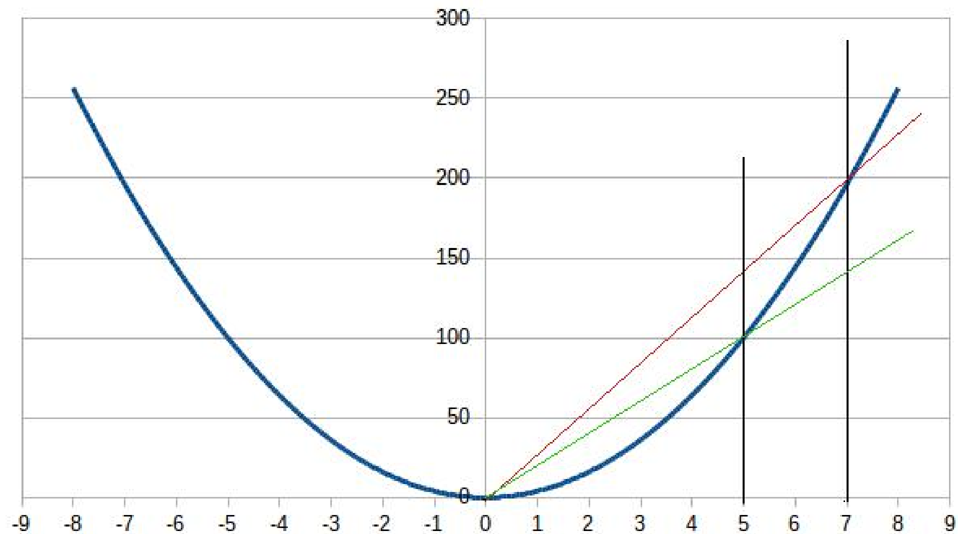
$$\frac{dy}{dx} = \frac{d f(x)}{dx} = f'(x)$$

<u>අවකලනයෙන් හැමවිටම අපට ලැබෙන්නේ යම් දෙයක වෙනස්වීමේ සීඝ්‍රතාවයි. ඒ කියන්නේ යම් දෙයක් (එනම් ස්වායත්ත විචල්‍යය) විචලනය කරන විට, ඊට බද්ධව පවතින තවත් දෙයක් (එනම් පරායත්ත විචල්‍යය) වෙනස්වන සීඝ්‍රතාව සෙවීමයි අවකලනයෙන් සිදු කරන්නේ</u>.

උදාහරණය ලෙස, කාලයට අනුව/සාපේක්ෂව දුර වෙනස්වන සීඝ්‍රතාව හෙවත් ds/dt (හෙවත් වේගය), කාලයට අනුව ප්‍රවේගය වෙනස් වන සීඝ්‍රතාව හෙවත් dv/dt (හෙවත් ත්වරණය), කාලයට අනුව ආරෝපණ ගමන් කරන ප්‍රමාණය හෙවත් ආරෝපණ වෙනස් වීමේ සීඝ්‍රතාව හෙවත් dQ/dt (හෙවත් ධාරාව), කාලයට අනුව ධාරාව වෙනස්වීමේ සීඝ්‍රතාව හෙවත් dI/dt, කාලයට අනුව වෝල්ටියතාව වෙනස්වීමේ සීඝ්‍රතාව හෙවත් dV/dt, කාලයට අනුව චුම්භක ස්‍රාවය වෙනස් වීමේ සීඝ්‍රතාව හෙවත් dΦ/dt, සපයන විදුලි ශක්තියට සාපේක්ෂව ආලෝකය/තාපය ජනනය වන සීඝ්‍රතාව ආදිය පහසුවෙන් සුලු කළ හැකියි අවකලනය භාවිතා කරමින්.

ඉහත පැහැදිලි කිරීම තවදුරටත් කරගෙන යමු. දැන් නැවතත් පහත රූපය බලන්න. මෙහි නිල්පාට වක්‍රයෙන් පෙන්වන්නේ $f(x)=4x^2$ යන ශ්‍රිතයයි. මෙම ප්‍රස්ථාරය කිසිදු තැනක් සරල රේඛීයව නොපවතී

(එනම් මුලු ප්‍රස්ථාරයම වක්‍රව පවතී). දැන් පෙර සේම y අක්ෂය දිගේ වෙනසක් ගෙන ඊට අනුරූප x අක්ෂය දිගේ වෙනසින් බෙදන්න. එවිට සුපුරුදු ලෙසම x වෙනස් වීමේදී y වෙනස්වීමේ සීඝ්‍රතාව ලැබේ.




මෙම වක්‍රයේ x අක්ෂය දිගේ පවතින වෙනස ලෙස 0 සිට 5 දක්වා ගමු. ඊට අනුරූපව y අක්ෂය දිගේ පවතින වෙනස 0 සිට 100 දක්වා බව රූපයෙන් පෙනේ. දැන් මෙම අගයන් යොදා ගෙන ප්‍රස්ථාරයේ බෑවුම ගණනය කරන්න.

$\Delta y/\Delta x = (100-0)/(5-0) = 100/5 = 20$

මෙම බෑවුම තමයි කොළ පාට රේඛාවෙන් පෙන්වන්නේ. දැන් ප්‍රස්ථාරයේ වෙනස් පරාස දෙකක් සලකා ප්‍රස්ථාරයේ බෑවුම නැවත ගණනය කරමු.

$\Delta y/\Delta x = (200-0)/(7-0) = 200/7 = 28.57$

මෙම බෑවුම රතු පාට රේඛාවෙන් පෙනේ. මෙම බෑවුම ඊට පෙර බෑවුමට වඩා වෙනස් නේද? ඔව්.

මෙම ප්‍රස්ථාරයේදී ඔබ තෝරා ගන්නා පරාසයන් අනුව ඔබට විවිධ බෑවුම් අගයන් තමයි ලැබෙන්නේ. ඊට හේතුව ප්‍රස්ථාරය රේඛීය නොවී වක්‍ර වීමයි. ඒ කියන්නේ වක්‍ර ප්‍රස්ථාරවලට තනි බෑවුම් අගයක් නැත. ප්‍රස්ථාරයේ විවිධ තැන්වල බෑවුම විවිධ වේ.

උදාහරණයක් ලෙස ප්‍රස්ථාරයේ තැනින් තැන ස්ථාන 10 ක් ලකුණු කර එම ස්ථාන 10 යේ බෑවුම් වෙන වෙනම ගණනය කළ හැකියි. ඊට වඩා තවත් නිවැරදියි ස්ථාන 100 ක් ලකුණු කර එම ස්ථාන 100 යේ බෑවුම් වෙන වෙනම ගණනය කළ හැකි නම්. මේ ආදී ලෙස, වක්‍රය මත ස්ථාන අති විශාල ගණනක් ලකුණු කර එම ස්ථාන සියල්ලේම බෑවුම් ගණනය කළ හැකියි.

සම්පූර්ණයෙන්ම නිවැරදි වීමට ප්‍රස්ථාරය මත ස්ථාන අනන්ත ගණනක් ලකුණු කර එම ස්ථාන සියල්ලේම බෑවුම් ගණනය කළ හැකියි. ප්‍රස්ථාරය මත ස්ථාන අනන්ත ගණනක් ලබා ගැනීම යනු x පරාසය ශුන්‍ය දක්වා කුඩා කිරීමයි. දැන් නැවත පෙර සේම x අක්ෂයේ පරාසය ශුන්‍ය දක්වා කුඩා කරමු. එවිට ඔබට dy/dx අගයක් ලැබේ (අවකලනය කිරීමෙන් ලැබෙන අගය). ඒ කියන්නේ අවකලනය

මඟින් අපට ප්‍රස්ථාරයේ ඕනෑම තැනක බෑවුම ගණනය කළ හැකියි.

රේඛීය හෝ අරේඛීය (වක්‍ර) ඕනෑම ප්‍රස්ථාරයක ඕනෑම තැනක බෑවුම ගණනය කිරීමට තමයි අවකලනය යොදා ගන්නේ. වෙනත් විදියකින් කියතොත් අවකලනය මඟින් ගණනය කරන්නේ ඕනෑම ශ්‍රිතයක ස්වායත්ත විචල්‍ය අනුව පරායත්ත විචල්‍යය වෙනස් වීමේ සීඝ්‍රතාවයි. අවකලන ක්‍රමය නොතිබෙන්නට මෙය ප්‍රායෝගිකව කිරීම සිදු කිරීම සිතා ගත නොහැකි තරම් කාලය ගතවන අපහසු කාර්යකි. උදාහරණයක් වශයෙන් $y=4x^2$ යන ශ්‍රිතය අවකලනය කළ පසු $dy/dx=8x$ ලෙස ලැබේ. දැන් x සඳහා ඔබට කැමති අගයක් ආදේශ කර ප්‍රස්ථාරයේ ඕනෑම ස්ථානයක $dy/dx$ අගය හෙවත් බෑවුම ගණනය කළ හැකියි නේද?

ඉහත මෙතෙක් කතා කළේ අවකලනය ගැන සංකල්පීය පැහැදිලි කිරීමකි. ප්‍රායෝගිකව අවකලනය සිදු කරන අයුරු දැන් බලමු. මෙය කුඩා ගණිත අතිරේකයක් නිසා, පහත දැක්වෙන පොදු සූත්‍ර/රීතින් කිසිවක් සාධනය කරන්නට යන්නේ නැත. ඔබ පහත දැක්වෙන පොදු සූත්‍ර කටපාඩම් කර, ඒවා යොදා ගන්නා අයුරු ඉගෙන ගන්න අවම වශයෙන් (ඇත්තටම අවකලනය රසවත් විෂයක් නිසා වෙනමම ඒ ගැන ඉගෙන ගන්න උත්සහ කරන්න).

## අවකලන පොදු සූත්‍ර/රීති

1. $\frac{dx^n}{dx}=nx^{n-1}$
2. $\frac{dcf(x)}{dx}=\frac{c\,df(x)}{dx}$ $c$ යනු නියත පදයකි
3. $\frac{dc}{dx}=0$
4. $\frac{d(f(x)\pm g(x))}{dx}=\frac{df(x)}{dx}\pm\frac{dg(x)}{dx}$ sum/difference rule
5. $\frac{d(f(x).g(x))}{dx}=f'(x).g(x)+f(x).g'(x)$ *product rule*
6. $\frac{d}{dx}(\frac{f(x)}{g(x)})=\frac{f'(x).g(x)-f(x).g'(x)}{(g(x))^2}$ *quotient rule*
7. $\frac{de^x}{dx}=e^x$
8. $\frac{da^x}{dx}=a^x.\ln(a)$
9. $\frac{d\ln(x)}{dx}=\frac{1}{x}$
10. $\frac{d\log_a(x)}{dx}=\frac{1}{x.\ln(a)}$
11. $\frac{d\sin(x)}{dx}=\cos(x)$
12. $\frac{d\cos(x)}{dx}=-\sin(x)$

13. $\frac{d\tan(x)}{dx} = sec^2(x)$

14. $\frac{dy}{dx} = \frac{dy}{du} \cdot \frac{du}{dx} \quad - chain rule.$

ඉහත සූත්‍ර කිහිපයක් යොදාගෙන ගණනය කිරීම් කිහිපයක් කරමු.

1. $t^4$ යන ශ්‍රිතය t විෂයෙන් අවකලනය කරන්න. බලයක් සහිත විචල්‍යක් නිසා ඉහත 1 සූත්‍රය යෙදිය යුතුය. ඒ අනුව, $dt^4/dt = 4t^{4-1} = 4t^3$ වේ.

2. $x^{-5}$ හෙවත් $1/x^5$ යන ශ්‍රිතය x විෂයෙන් අවකලනය කරන්න. මෙහිදිත් බලයක් සහිත විචල්‍යයක් නිසා, ඉහත 1 සූත්‍රය යෙදිය යුතුය. ඒ අනුව, $dx^{-5}/dx = -5x^{-5-1} = -5x^{-6}$ හෙවත් $-5/x^6$ වේ.

3. $4n^3$ යන ශ්‍රිතය n විෂයෙන් අවකලනය කරන්න. මෙහිදී 1 හා 2 යන රීති/සූත්‍ර දෙකම යෙදීමට සිදුවෙනවා. ඔව්, ප්‍රායෝගිකව ඉහත රීති සමූහයක්ම එකවිට යෙදීමට සිදුවන අවස්ථා බහුලව හමු වෙනවා. ඒ අනුව, $d(4n^3)/dn = 4\ (dn^3/dn) = 4x3n^2 = 12n^2$ වේ.

4. $x^4 - 5x^2 + 3x + 5$ යන ශ්‍රිතය x විෂයෙන් අවකලනය කරන්න. මෙහිදී 1, 2, 3, 4 යන රීති යොදා ගැනීමට සිදු වෙනවා. මතක තබා ගන්න ඕනෑම නියත පදයක අවකලනය කළ පසු ලැබෙන්නේ ශූන්‍ය වේ (ඉහත 3 රීතිය).

මෙම 3 වැනි රීතිය ඉතා පහසුවෙන් 1 වැනි රීතියෙන් සාධනය කළද හැකියි.

$dx^0/dx = 0 \text{ x } d\ (x^{0-1})/dx = 0 \text{ x } d\ (x^{-1})/dx = 0$

ඒ අනුව,

$d\ (x^4 – 5x^2 + 3x + 5)/dx = dx^4/dx – d(5x^2)/dx + d(3x)/dx + d(5)/dx$
$= 4x^3 – 10x + 3 + 0 = 4x^3 – 10x + 3$

5. $(x^4)(x^3+2x)$ යන්න x විෂයෙන් අවකලනය කරන්න. මෙය දෙයාකාරයකින් සිදු කළ හැකියි. එකක් නම්, ඉහත ප්‍රකාශය සුලු කර (එවිට $x^7+2x^5$ ලෙස ලැබේ) පසුව සුපුරුදු ලෙස අවකලනය කිරීමයි. එහෙත් ප්‍රකාශය ඉහත 5 වැනි රීතිය (ශ්‍රිත දෙකක ගුණිතය පිළිබඳ රීතිය) යොදාගෙනද එකවරම සුලු කළද හැකියි. අප මෙම දෙවැනි ක්‍රමයට එය සුලු කරමු. මෙහිදී $x^4$ හා $x^3+2x$ යනු වෙන වෙනම ශ්‍රිත දෙකක් වේ. ඒ අනුව,

$d\ ((x^4)(x^3+2x))/dx = 4x^3(x^3+2x) + x^4(3x^2+2) = 4x^6+8x^4+3x^6+2x^4 = 7x^6+10x^4$ වේ.

$e^x$ යන්න x විෂයෙන් අවකලනය කළ විට නැවත ලැබෙන්නේද $e^x$ මයි (ඔබ දන්නවා e යනු දළ වශයෙන් 2.7183 යන අගය ඇති ගණිතයේ/විද්‍යාවේ හමුවන සුවිශේෂී නියත පදයක්). එය මෙම ශ්‍රිතයේ තිබෙන සුවිශේෂී ගතියකි. ඒ කියන්නේ $e^x$ ශ්‍රිතයේ ප්‍රස්ථාරයේ ඕනෑම තැනකින් බෑවුම මැන්න විට ලැබෙන අගය $e^x$ මයි. $a^x$ යන්නද තරමක් $e^x$ වැනිම ශ්‍රිතයකි. එහෙත් එහිදී අමතරව ln(a) යන නියත පදයෙන් ගුණ කළ යුතු වෙනවා (a යනු නියත පදයකි; නියත පදයක ලඝු ගත්විට ලැබෙන්නේද නියත පදයකි).

අවසානයේ දැක්වෙන චේන් රූල් නමින් හැඳින්වෙන රීතිය ඉතාම ප්‍රයෝජනවත් හා බලවත් එකකි. එහි, u, v යනු x හි ශ්‍රිත දෙකකි. f(x), g(x) ලෙස කැමැති නම් එම දෙක ලිවිය හැකි වුවත්, රීතිය පැහැදිලිවත් කෙටියෙනුත් පෙන්වීමටයි u,v පද දෙක යොදා ගෙන ඇත්තේ. ඇත්තටම මේ ආකාරයට ලියූ විට එහි පැටර්න් එකක් පෙනේ. මෙම චේන් රූල් එක ඔබට කැමති කැමති දිගක් දක්වා පුලුල් කළ හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස,

dy/dx = (dy/dw).(dw/dz).(dz/dt).(dt/dn).(dn/dx)

ආදී ලෙස දිග් කරගෙන යා හැකිය. ආරම්භක අනුපාතයේ හරයේ ඇති විචල්‍ය/ශ්‍රිතය පසුව ඇති අනුපාතයේ ළවයට එන පරිදිද, පළමු අනුපාතයේ ළවය හා අවසාන අනුපාතයේ ඇති අරය මුල් අනුපාතයේ ලවය හා අරය ලෙසද පවතින ආකාරයට එය සකස් කළ යුතුය. එය දම්වැලක් ආකාරයෙන් දික් කළ හැකි නිසා තමයි චේන් රූල් යන නම ලැබී ඇත්තේ. බොහෝවිට සම්පූර්ණ ශ්‍රිතයක් තවත් ශ්‍රිතයක් තුළ තිබෙන අවස්ථා හමුවෙනවා (ශ්‍රිතයක ශ්‍රිතයක් ලෙස මෙය හැඳින්වේ). එවැනි විටක එය සුලු කළ හැක්කේ චේන් රූල් යෙදීමෙනි. මෙය උපයෝගී කරගෙන ගණනක් සුලු කරන හැටි දැන් බලමු.

$(x^4+3x)^5$ යන්න x විෂයෙන් සුලු කරන්න. මෙහි $x^4+3x$ යනු යම් ශ්‍රිතයකි. එම ශ්‍රිතය අප t ලෙස තාවකාලිකව හඳුන්වමු. එවිට, මෙම t ඉහත සූත්‍රයට ආදේශ කළ විට $t^5$ ලෙස ලැබෙනවා නේද? $t^5$ යනුද ශ්‍රිතයකි. එහෙත් එය ශ්‍රිතයක ශ්‍රිතයකි මොකද එම ශ්‍රිතය තවත් ශ්‍රිතයක් තමන් තුළ රඳවාගෙන සිටින නිසා. ශ්‍රිතයක ශ්‍රිතයක් සුලු කිරීමට චේන් රූල් යෙදිය යුතුය. නැවත සරල චේන් රූල් එක බලමු.

dy/dx = (dy/dt).(dt/dx)

හොඳින් බලන්න මෙම සූත්‍රය දෙස. ඉන් කියන්නේ පළමුව පිටත ඇති ශ්‍රිතය අලුතින් ආදේශ කළ විචල්‍යයෙන් (විෂයෙන්) අවකලනය කරන ලෙසයි (dy/dt කොටස). ඉන්පසු ඇතුලේ ඇති ශ්‍රිතයේ අවකලනය අදාල විෂයෙන් සොයන ලෙසයි (dt/dx යන්නෙන් හැඟවෙන්නේ එයයි). ඉන්පසු එම අගයන් දෙක ගුණ කරන්න. මේ අනුව ඉහත උදාහරණය සුලු කරමු.

$y = (x^4+3x)^5 \rightarrow y = t^5$ ($x^4+3x$ යන්න වෙනුවට t තාවකාලිකව ආදේශ කිරීමෙන්)

දැන් $t^5$ ශ්‍රිතය t විෂයෙනුත්, $x^4+3x$ ශ්‍රිතය x විෂයෙනුත් වෙන වෙනම අවකලනය කර එකිනෙකට ගුණ කරන්න. එවිට,

$dy/dt = 5t^4$ හා $dt/dx = 4x^3+3$ වේ. එම දෙකේ ගුණිතය (dy/dt).(dt/dx) වන්නේ,

$(5t^4)(4x^3+3)$ වේ. දැන් t වෙනුවට නැවත එහි නියම අගය ආදේශ කරන්න. එච්චරයි. ඒ අනුව,

$(5(x^4+3x)^4)(4x^3+3)$ ලෙස අවසන් පිළිතුර ලැබේ.

යම් විෂයකින් ශ්‍රිතයක් අවකලනය කළ පසුව ලැබෙන උත්තරය එක්කෝ නියත පදයකි නැතහොත් තවත් ශ්‍රිතයකි. ඉතිං මෙලෙස ලැබෙන ප්‍රතිපලය නැවත අවකලනය කළ හැකියි. මෙය දෙවැනි අවකලනය ලෙස හැඳින්විය හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස,

$dx^5/dx = 5x^4$ වේ. $5x^4$ යනුද ශ්‍රිතයක් ලෙස පෙනෙනවා නේද? එය නැවත x විෂයෙන් අවකලනය කළ

හැකියි. මුල් ශ්‍රිතයෙහිම දෙවැනි අවකලනය පෙන්වීමට 2 සුපර්ස්ක්‍රිප්ට් එකක් ලෙස ඇතුලු කෙරේ (ලවයට 2 ඇතුලු කරන්නේ d අකුරට පසුව හා හරයේ 2 දමන්නේ විෂය පදයටයි). එනම්,

$$\frac{dx^5}{dx}=5x^4$$
$$\frac{d^2(x^5)}{dx^2}=\frac{d(5x^4)}{dx}=20x^3$$

මෙලෙස තුන්වැනි සිව්වැනි ආදී ලෙස ඔබට අවශ්‍ය මට්ටමක් දක්වා දිගින් දිගටම අවකලනය කරගෙන යා හැකියි. ඉහත උදාහරණයම ගෙන බලමු.

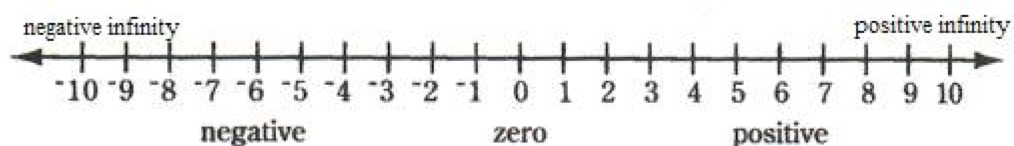
$$\frac{dx^5}{dx}=5x^4 \quad \textit{first differentiation}$$
$$\frac{d^2(x^5)}{dx^2}=\frac{d(5x^4)}{dx}=20x^3 \quad \textit{second differentiation}$$
$$\frac{d^3(x^5)}{dx^3}=\frac{d(20x^3)}{dx}=60x^2 \quad \textit{third differentiation}$$
$$\frac{d^4(x^5)}{dx^4}=\frac{d(60x^2)}{dx}=120x \quad \textit{fourth differentiation}$$
$$\frac{d^5(x^5)}{dx^5}=\frac{d(120x)}{dx}=120 \quad \textit{fifth differentiation}$$
$$\frac{d^6(x^5)}{dx^6}=\frac{d(120)}{dx}=0 \quad \textit{sixth differentiation}$$

මෙතැනින් එහාට අවකලනය කිරීමෙන් වැඩක් නැත.

## සංකීර්ණ සංඛ්‍යා

නම සංකීරණ සංඛ්‍යා (complex number) ලෙස හැඳින් වුවත්, මෙම සංඛ්‍යාවල ඇති සංකීර්ණ (අමුතුවෙන් අමාරු) බවක් නැත. එය හුදු නමක් පමණි. ඔබ දන්නවා ඔත්තේ, ඉරට්ටේ, නිඛිල, දශම, පරිමේය, අපරිමේය ආදී ලෙස සංඛ්‍යා විවිධ වර්ගීකරණයන්ට ලක් කර තිබෙනවා. සංකීර්ණ සංඛ්‍යා යනු තවත් එක් වර්ගීකරණයක් පමණි. මේ ගැන කෙටියෙන් විමසා බලමු.

ඔබ අප නිතරම භාවිතා කරන සංඛ්‍යා තථ්‍ය (real) සංඛ්‍යා ලෙස හැඳින්වෙනවා. තථ්‍ය (real) යන්නෙහි තේරුම "ඇත්තටම පවතින" යනුයි. උදාහරණයක් ලෙස, මා ගාව පෑන් 4 ක් තිබෙනවා යැයි කියූ විට, මෙම 4 යන සංඛ්‍යායෙන් කියන අගය සත්‍ය ලෙසම පවතිනවා. මෙම රියල් සංඛ්‍යා ඍණ අනන්තයේ සිට ධණ අනන්තය දක්වා විහිදෙනවා. බිංදුව (ශුන්‍යයද) මේ අතර පවතිනවා. රූපමය ආකාරයෙන් පහත ආකාරයට තිරස් සංඛ්‍යා රේඛාවකින් (number line) මෙම සියලු රියල් සංඛ්‍යා නිරූපණය කළ හැකියි. මෙම සංඛ්‍යා රේඛාව real number line ලෙස හැඳින්වෙනවා.



මේ අතර තවත් සංඛ්‍යා වර්ගයක් පවතිනවා අතථ්‍ය (imaginary) සංඛ්‍යා ලෙස. ඔබට දැන් සිතා ගත හැකියිනේ අතථ්‍ය යන්නෙහි තේරුම "සත්‍ය ලෙසම නොපවතින" හෙවත් "මනඃකල්පිත" යන්න බව. මේවාද රියල් සංඛ්‍යා මෙන්ම යම් අගයක් නිරූපණය කරයි. එහෙත් රියල් සංඛ්‍යාවලට වඩා මෙම සංඛ්‍යා යොදා ගන්නේ වෙනත් අරමුණක් උදෙසාය. අරමුණ කෙසේ වෙතත් මෙම සංඛ්‍යා සමහද සාමාන්‍ය (රියල්) සංඛ්‍යා සමග කටයුතු කරනවා සේ කටයුතු කළ හැකියි. රියල් සංඛ්‍යාවලින් මෙම සංඛ්‍යා වෙන් කර හඳුනාගැනීමට i (හෝ j) යන ඉංග්‍රිසි අකුර සංඛ්‍යාවක් පසුපසින් (හෝ අවශ්‍ය නම් සංඛ්‍යාව ඉදිරියන් වුවද) යෙදේ. උදාහරණ ලෙස, 5i, 13.45i

ඇත්තටම නිවැරදි අකුර නම් i වේ (imaginary යන්නෙහි මුල් අකුර). එහෙත් විදුලි/ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් ක්ෂේත්‍රයේදී විදුලි ධාරාව සංකේතවත් කරන්නේද අයි අකුරින් බැවින් j අකුර බොහෝවිට එම ක්ෂේත්‍රය තුල යෙදෙනවා ධාරාව සමග පැටලීම වලක්වා ගැනීමට.

ඇත්තෙන්ම i අකුර නිකංම සංකේතයක්ම නොවේ. ඊට නිශ්චිත අගයක්ද ඇත. එනම්,

$i = \sqrt{(-1)}$

ඔබ දන්නවා ඕනෑම ඍණ සංඛ්‍යාවක වර්ගමූලය සෙවිය නොහැකියි. ඊට හේතුව මෙයයි. යම් සංඛ්‍යාවක් එම සංඛ්‍යාවෙන්ම ගුණ කළ විට ලැබෙන අගය හැමවිටම ධණ වේ (උදාහරණ ලෙස, (-2)(-2) = +4; (2)(2) = +4). වර්ගකිරීමේ විරුද්ධ ක්‍රියාව තමයි වර්ගමූලය කියන්නේ. එහෙත් ඉහත පෙන්වා දුන් පරිදි කිසිවිටක ඍණ වර්ග පදයක් අපට හමු නොවේ (හරියට එදිනෙදා ජීවිතයේදී ඍණ උසක්, ඍණ වයසක් හමු නොවන්නා සේම). එසේ නම්, ඍණ සංඛ්‍යාවක වර්ගමූලයක් සොයනවා කියා අපට කිව නොහැකියිනෙ.

කෙසේ හෝ වේවා, සමහර ගණිත කර්ම සිදු කරගෙන යන අතරේ, මෙම සිදු විය නොහැකි යැයි පැවසූ දෙය සිදු වෙනවා. ඒ කියන්නේ ඍණ සංඛ්‍යාවක වර්ගමූලය සෙවීමට සිදු වෙනවා.

හරි මෙම ප්‍රශ්නයේ තව එක් පියවරක් ඉදිරියට තැබිය හැකියි. උදාහරණයක් ඇසුරින් එය බලමු. සිතන්න -5 හි වර්ගමූලය සෙවීමට තිබෙනවා කියා. -5 = (-1)(5) ලෙස ලිවිය හැකියිනෙ. එ අනුව පහත ආකාරයට දැක්විය හැකියි.

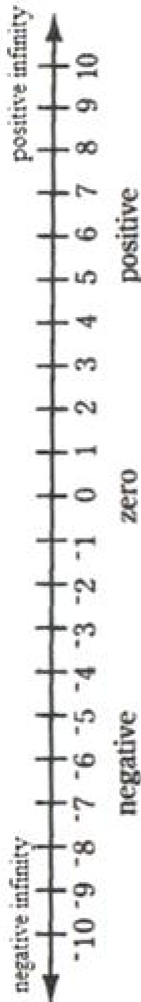
$\sqrt{(-5)} = \sqrt{(-1 \times 5)} = \sqrt{(-1)} \times \sqrt{(5)}$

දැන් ඔබට 5 හි වර්ගමූලය සෙවිය හැකියි. එහෙත් තවමත් -1 හි වර්ගමූලය සෙවීමට අප දන්නේ නැත. ඉතිං ඕනෑම ඍණ සංඛ්‍යාවක වර්ගමූලය සෙවීම ඉහත ආකාරයට -1 හි වර්ගමූලය සෙවීම දක්වා සරල කරගත හැකියි.

නොපවතින දෙයක් සොයන්නේ කෙසේද? එය ප්‍රශ්නයක් තමයි. එහෙත් ඉහත පැවසූ ආකාරයටම -1 හි වර්ගමූල පදය i ලෙස සංකේතවත් කර "නොපවතින සංඛ්‍ය" යන අරුතින් අතථ්‍ය සංඛ්‍යා නිර්වචනය කර තිබේ. ඒ අනුව -5 හි වර්ගමූලය √5 i ලෙස දැන් ලිවිය හැකියි. ඇත්තටම මෙය සුලු කිරීමක් නොවේ. තිබෙන දේ තිබෙන විදියට සරලව දැක්වීමක් පමණි. මෙය උපමාවකින් මෙසේ කිව හැකියි. පවුලේ අපරාධ/වැරදි කරන දරුවකු සිටින විට, අම්මා ඔහු අපරාධකරුවකු වුවත් නොසලකා ඉන්නේ නැත. ඇය කරන්නේ ඔහුගේ වැරදි බව තේරුම් ගනිමින්ම ඔහුට තවමත් තමන්ගේ දරුවකුට දක්වන සෙනෙහස දැක්වීමයි. අතථ්‍ය සංඛ්‍යාද ඇත්තටම නොපැවතියත් ඊටද ගණිතය තුළ තැනක් සදා දී තිබේ.

ඇත්තටම අතථ්‍ය සංඛ්‍යාවල කිසිදු ප්‍රයෝජනයක් නැතිනම් ගණිතය තුළ ඊට ස්ථානයක් හිමි නොවනු ඇත. විවිධ ගණනය කිරීම්වලදී අතථ්‍ය සංඛ්‍යා යොදාගැනීමට සිදු වන අවස්ථා තිබේ. මෙම පාඩම් මාලාවේද මෙම සංඛ්‍යා හමු වුණා මතකද?

තථ්‍ය සංඛ්‍යා තිරස් සංඛ්‍යා රේඛාවකින් දක්වන්නා සේම, අතථ්‍ය සංඛ්‍යා ඍණ අනන්තයේ සිට ධණ අනන්තය දක්වා සිරස් සංඛ්‍යා රේඛාවකින් නිරූපණය කෙරේ. මෙම සංඛ්‍යා රේඛාව imaginary number line ලෙස හැඳින්වේ. මෙහිද 0 හමු වේ. 0i යනු 0 ම වේ මොකද ඕනෑම දෙයක් බිංදුවෙන් ගුණ කළ විට ලැබෙන්නේ බිංදුව නිසාය. ඒ අනුව, අතථ්‍ය සංඛ්‍යා රේඛාව තුළ හමුවන එකම තථ්‍ය සංඛ්‍යාව වන්නේ 0 යි.




අතථ්‍ය සංඛ්‍යා දෙකක් එකතු හෝ අඩු කළ හැකියි.

$4i + 3i = 7i$

$5i - 6i = -1i$

එලෙසම ගුණ කිරීම හෝ බෙදීමද කළ හැකියි. එහෙත් ගුණ කිරීමේදී හා බෙදීමේදී ලැබෙන්නේ තථ්‍ය සංඛ්‍යාවකි. ඊට හේතුව පහත උදාහරණවලින් පැහැදිලි වේවි.

$4i \times 3i = 12i^2 = 12 \times -1 = -12$   ($i = \sqrt{(-1)}$ නිසා, $i^2 = (\sqrt{(-1)})^2 = -1$ වේ)

4i/2i = 2    (උඩ අයි අකුරට යට අයි අකුර කැපේ)

3i x 0 = 0

මින් පැහැදිලි වෙනවා අතථ්‍ය සංඛ්‍යා සත්‍ය ලෙසම නොපැවතියත් ගණිත කර්ම සිදු කරගෙන යැමේදී ඒවාගෙන් වුවද තථ්‍ය සංඛ්‍යා ලැබෙන බව. ඒ කියන්නේ ගණිත කර්මවලට අතථ්‍ය සංඛ්‍යා බාධාවක් නොවේ.

සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් යනු තථ්‍ය සංඛ්‍යාවක් හා අතථ්‍ය සංඛ්‍යාවක් සහිත/සංයුක්ත සංඛ්‍යාවකි. එය සම්මතයක් වශයෙන් x + yi ලෙස ලිවිය හැකියි. මෙහි x යනු තථ්‍ය සංඛ්‍යා සංරචකය වන අතර yi යනු අතථ්‍ය සංඛ්‍යා සංරචකයයි (අයි අකුර තිබෙන නිසා මෙම කොටස් දෙක වෙන වෙනම එකවරම පහසුවෙන් හඳුනාගත හැකියි).

මීට දිය යුතු හොඳම නම සංයුක්ත සංඛ්‍යා යන්නයි. එහෙත් දැනටමත් සංයුක්ත සංඛ්‍යා (composite number) යනුවෙන් සංඛ්‍යා වර්ගයක් අර්ථ දක්වා තිබේ. ප්‍රථමක සංඛ්‍යා දෙකක් හෝ කිහිපයක් ගුණ කළ විට ලැබෙන්නේ සංයුක්ත සංඛ්‍යාවකි. උදාහරණයක් ලෙස, 6 යනු සංයුක්ත සංඛ්‍යාවකි මොකද 6 = 2x3. එනිසයි සංකීර්ණ සංඛ්‍යා යන නම යොදා ඇත්තේ (සංකීර්ණ යන්නෙහිද "සංයුක්ත" යන තේරුම තිබෙන නිසා).

සංකීර්ණ සංඛ්‍යා දෙකක් එකතු කිරීම අඩු කිරීම සිදු කරන විට, එම සංඛ්‍යාවේ තිබෙන තථ්‍ය හා අතථ්‍ය කොටස් දෙක වෙන වෙනම සලකා සුලු කරන්න. සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් සමග තථ්‍ය සංඛ්‍යා හෝ අතථ්‍ය සංඛ්‍යා හෝ තවත් සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් හෝ සුලු කළ හැකියි. උදාහරණයක් ලෙස

(4 + 3i) + (5 + 9i) = 9 + 12i
5 + (3 + 2i) = 8 + 2i
(3 + 3i) – 5 = -2 + 3i
(9 + 4i) – (2 + 3i) = 7 + I

සංකීරණ සංඛ්‍යාවක් තවත් සංකීර්ණ හෝ වෙනත් (තථ්‍ය හා අතථ්‍ය) සංඛ්‍යාවක් සමග ගුණ කිරීම හා බෙදීමද කළ හැකියි. ගුණ කරන විට වීජීය ප්‍රකාශන දෙකක් ගුණ කරන ආකාරයට එය සිදු කළ යුතුය (වීජීය ප්‍රකාශන දෙකක් ගුණ කරන විට, (x+y)(a+b) = xa+xb+ya+yb වේ). උදාහරණයක් ලෙස

(4 + 3i)(2+i) = 4x2 + 4xi + 3ix2 + 3ixi = 8+4i+6i+3$i^2$ = 8+10i-3 = 5+10i
5(3 - 2i) = 15 – 10i
(5)(2i) = 10i

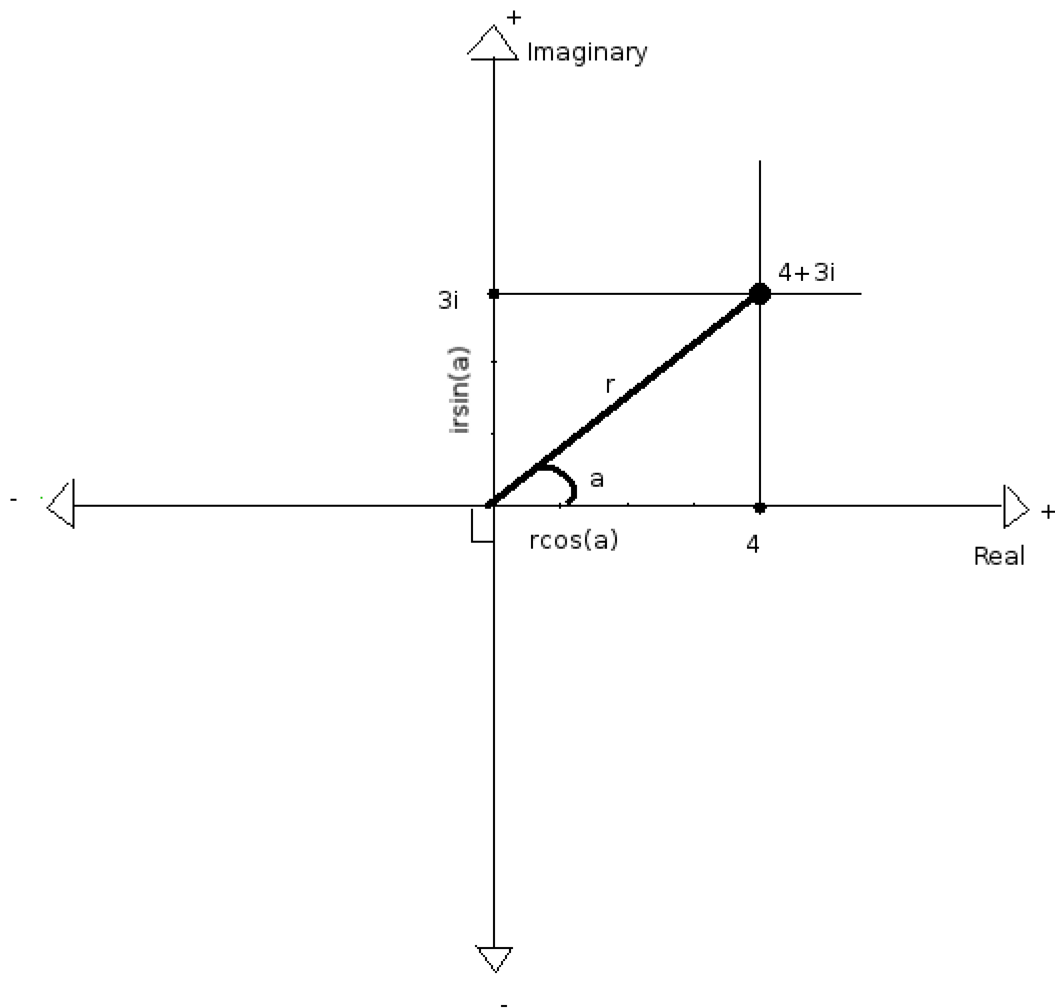
යම් සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක තථ්‍ය හා අතථ්‍ය සංඛ්‍යා දෙක අතර පවතින සලකුණ (+ හෝ -) මාරු කළ විට ලැබෙන සංඛ්‍යාවට අප කියනවා එම සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ complex conjugate (ප්‍රතිබද්ධය) කියා. උදාහරණයක් ලෙස 4 + 2i හි කොම්ප්ලෙක්ස් කොනජුගේට් එක 4 – 2i වේ. එලෙසම 2 – 9i හි කොන්ජුගේට් අගය 2 + 9i වේ.

සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් භාගයක හරයේ ඇතිවිට එය සුලු කර ගැනීමට මෙම කොන්ජුගේට් එක අවශ්‍ය කරනවා. ඊට හේතුව මෙයයි. භාගය තුළ හරයේ අතථ්‍ය/සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් තිබෙන විට, එය පළමුව ඉවත් කරගත යුතු වෙනවා. එය සිදු කරන්නේ හරයේ ඇති සංකීර්ණ සංඛ්‍යාව එහි කොන්ජුගේට් එකෙන් ගුණ කිරීමයි (මෙවිට හරයද එකම අගයෙන් ගුණ කිරීමට සිදු වෙන බව ඔබ දන්නවා). එවිට හරයේ ඇති වන්නේ (x+yi)(x-yi) වැනි එකක්. මෙය $x^2 - y^2i^2 = x^2 + y^2$ බවට පත් වෙන බව ඔබ දන්නවා.

එවිට i අකුර ඉවත් වෙනවා. ඉන්පසු පහසුවෙන් ඉතිරිය සුලු කරගෙන යා හැකියි. උදාහරණයක් බලමු.

$(4 + 8i)/(2 + 2i) = (4+8i)(2-2i)/(2+2i)(2-2i) = (24+8i)/(2^2-2^2i^2) = (24+8i)/(4+4) = 3+i$

සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක්ද තථ්‍ය හා අතථ්‍ය සංඛ්‍යා රූපමය ආකාරයෙන් නිරූපණය කළ විදියටම නිරූපණය කළ හැකියි. එහෙත් මෙහිදී සංකීර්ණ සංඛ්‍යාව තුල තථ්‍ය හා අතථ්‍ය කොටස් දෙකම සංයුක්තව පවතින බැවින් තනි රේඛාවකින් නොව රේඛා දෙකකින් එය නිරූපණය කිරීමට සිදු වෙනවා. ඇත්ත වශයෙන්ම මෙම රේඛා දෙක වන්නේ තථ්‍ය සංඛ්‍යා රේඛාව හා අතථ්‍ය සංඛ්‍යා රේඛාවයි. මේ දෙක තිරස්ව හා සිරස්ව පවතින බැවින්, එකට ඇන්ද විට පහත ආකාරයට කාටීසියානු තලයක ආකාරයට එය දිස් වේ. මතකද මුලින් පැවසුවා අතථ්‍ය රේඛාව තුළ පවතින එකම තථ්‍ය සංඛ්‍යාව 0 බව. මෙන්න මෙම 0 තමයි අක්ෂ දෙකටම පොදු ඉලක්කම බවට පත් වන්නේ (අක්ෂ දෙක එකිනෙකට ඡේදනය වන ස්ථායේ පවතින්නේ).




මෙම රූපය Argand plane/diagram එකක් ලෙස හැඳින්වේ. දැන් ඕනෑම සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් ඉහත ආගන්ඩ් තලයේ ලකුණු කළ හැකියි. සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ තථ්‍ය කොටස x අක්ෂය දිගේද, අතථ්‍ය කොටස y අක්ෂය දිගේද සලකුණු කළ හැකියි.

යම් සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් ආගන්ඩ් තලයක ලකුණු කළ විට එම ස්ථානයට මූලයේ සිට සෘජු රේඛාවක්

ඇඳිය හැකිය. එම රේඛාවෙන් එවිට නිරූපණය කරන්නේ එම සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ විශාලත්වයයි. මෙම රේඛාවේ දිගට magnitude/amplitude යන නම යෙදිය හැකියි. මෙම r අගය පහසුවෙන් සෙවිය හැකියි පෛතගරස් ක්‍රමයෙන්. එනම්,

$\text{amplitude}^2 = (\text{real number})^2 + (\text{imaginary number})^2$

උදාහරණයක් ලෙස ඉහත රූපයේ දැක්වෙන 4+3i යන සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවෙහි ඇම්ප්ලිටියුඩ් එක (එය |4+3i| ලෙස ලිවිය හැකියි) වන්නේ, $\sqrt{(4^2 + 3^2)} = \sqrt{25} = 5$ වේ.

ඒ විතරක්ද නොවේ, මෙම රේඛාව x අක්ෂය (හෙවත් තථ්‍ය සංඛ්‍යා රේඛාව) සමග කෝණයක්ද සාදනවා. මෙම කෝණය argument ලෙස හැඳින්වේ. ත්‍රිකෝණමිතිය අනුව,

$\text{argument} = \tan^{-1}(\text{imaginary number}/\text{real number})$

උදාහරණයක් ලෙස, ඉහත රූපයේ දැක්වෙන 4+3i යන සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවෙහි ආගියුමන්ට් එක (එය arg(4+3i) ලෙස ලිවිය හැකියි) වන්නේ, $\tan^{-1}(3/4) = 36.9^{o}$ වේ.

මෙම ආගන්ඩ් සටහනේ ඇඳ තිබෙන සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් බලන විට, ත්‍රිකෝණමිතික අනුපාත ඇසුරින්ද ඒවා නිරූපණය කළ හැකි බව පෙනෙනවාද? ඉහත ඇඳ තිබෙන 4+3i යන සංකීර්ණ සංඛ්‍යාව බලන්න. මෙම සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ ඇම්ප්ලිටියුඩ් එක (මෙය r අකුරින් සංකේතවත් කෙරේ) x හා y අක්ෂ දෙකට විභේදනය (ප්‍රක්ෂේපණය) කළ හැකියි. ඒ අනුව,

x අක්ෂය ඔස්සේ ප්‍රක්ෂේපණය වූ කොටස = rcos(a)
y අක්ෂය ඔස්සේ ප්‍රක්ෂේපණය වූ කොටස = i rsin(a)

මෙවිට, යම් සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවක් rcos(a) + i rsin(a) ලෙසද ලිවිය හැකියි (සංකීර්ණ සංඛ්‍යාවේ ඇම්ප්ලිටියුඩ් එක හා කෝණය ඇසුරින්). මෙය පහත ආකාරයට තවදුරටත් සරල කළ හැකියි.

rcos(a)+irsin(a) = **r**(**c**os(a) + **is**in(a)) → rcis   ("ආර් සිස්" ලෙස මෙය ශබ්ද කරන්න)

සංකීර්ණ සංඛ්‍යා ගැන තව දුරටත් පොතපත කියවා ඉගෙන ගන්න.

## කර්තෘගේ වෙනත් පොත්

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් අත්පොත 1

වින්ඩෝස් වෙනුවට ලිනක්ස්

ඉලෙක්ට්‍රොනික්ස් අත්පොත 3

පහසුවෙන් ඉංග්‍රිසි කඩිනමින්

පරිගණක හා ඉන්ටර්නෙට් සාක්ෂරතාව

කොම්පියුටර් ප්‍රෝග්‍රැමිං හා OOP

C හා C++ ප්‍රෝග්‍රැමිං

මෝහනය හා මෝහන ප්‍රතිකර්ම

ලිපිලේඛන සැකසීමේ හැකියාව